

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

**VEDENLAADUN PARANTAMISMAHDOLLISUUDET VIRTAUSOH-
JAUKSEN AVULLA LÄNTISEN PIEN-SAIMAAN TAPAUKSESSA**

Työn tarkastajina ja ohjaajina toimivat professori Risto Soukka ja professori Juha Pyrhönen

Lappeenrannassa 7.9.2009

Ville Uusitalo
Punkkerikatu 7 B 25
53850 LAPPEENRANTA

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknillinen tiedekunta
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Ville Uusitalo

Vedenlaadun parantamismahdollisuudet virtausohjauksen avulla läntisen Pien-Saimaan tapauksessa

Diplomityö

2009

180 sivua, 38 taulukkoa, 59 kuvaa ja 12 liitettä

Tarkastaja: Professori Risto Soukka
 Professori Juha Pyrhönen

Hakusanat: virtauksenohjaus, veden ravinnepitoisuuden aleneminen, pumppaus, Pien-Saimaa

Keywords: flow controlling, decreasing nutrient levels, pumping, Pien-Saimaa

Läntisen Pien-Saimaan vesistön alueella on ilmennyt voimakasta sinileväkukintaa vuosina 2006 - 2009. Yksi tehokas keino vähentää sinilevien määrää ja parantaa vedenlaatua, on ravinnepitoisuuksien alentaminen virtausohjauksen avulla. Tästä on 70 vuoden kokemus Pien-Saimaan itäosissa, joissa Vehkataipaleen pumppaamon virta on pitänyt vedenlaadun hyvänä huolimatta vesialuetta raskaasti rasittavasta puunjalostusteollisuudesta. Diplomityössä selvitetään mahdollisuuksia toteuttaa virtauksenohjausta myös läntisen Pien-Saimaan puolella, jolloin tavoitteena on vedenlaadun paraneminen. Vedenlaadun parantamista edellyttää myös Euroopan unionin vesipuitedirektiivi.

Selvityksessä tarkasteltiin virtauksenohjauksen eri toteutusvaihtoehtoja ja arvioitiin näiden vaikutuksia eri alueiden vedenlaatuun. Tämän lisäksi kartoitettiin ja arvioitiin eri vaihtoehtoja aiheuttavia riskejä. Näiden tietojen pohjalta päädyttiin suositeltaviin virtauksenohjauksen toteutusvaihtoehtoihin, joita ovat Kolhonlahti – Kolinlahti välillä toteutettu pumppaus ja mahdollisen Kutilan kanavan rakentamisen yhteydessä Kopinsalmen pumppaamo. Kolhonlahti – Kolinlahti sijaitsee Pien-Saimaan koillisosassa lähellä Rehulaa. Muista tarkastelluista kohteista saatiin yhdistelemällä suositeltavaksi vaihtoehdoksi myös Vehkataipaleen pumppaamon virran kasvattaminen yhdistettynä Kirjamoinisalmen tai Kopinsalmen pumppaamoon. Tämän lisäksi eri vaihtoehtoilta laadittiin alustava kustannustarkastelu.

Selvityksessä käytettyjä menetelmiä ja tuloksia voidaan soveltaa myös muihin vastaavan tyyppisiin vesistöjen kunnostushankkeisiin. Työssä on lisäksi koottu yhteen yleistietoja Pien-Saimaasta ja sen tunnetuista virtauksista.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Degree Programme in Environmental Technology

Ville Uusitalo

Improving water quality by using flow controlling, case Pien-Saimaa

Master's Thesis

2009

180 pages, 38 tables, 59 figures and 12 appendices

Examiners: Professor, D. Sc. (Tech.) Risto Soukka
Professor, D. Sc. (Tech.) Juha Pyrhönen

Keywords: flow controlling, decreasing nutrient levels, pumping, Pien-Saimaa

There has been a massive blue-green algae occurrence in western Pien-Saimaa water area between the years 2006 and 2009. Flow controlling can be used as a method for decreasing blue-green algae levels and improving water quality by decreasing nutrient levels. There is seventy years of experience of using this method in the eastern Pien-Saimaa where Vehkatakale pumping station has kept the water quality good despite the large wood processing industry in the area. The aim of this Master's thesis was to explore the solutions to put flow controlling into effect in western parts of Pien-Saimaa as well, where the main aim is to have better water quality. The Water Frame Directive by European Union also demands an improvement to the water quality.

During the study different potential solutions were explored to put flow controlling into effect. The effects to different water areas were estimated. Different kinds of risks were found and estimated in potential alternatives. Using this information the most potential solutions were found. These are pumping between Kolhonlahti and Kolinlahti and pumping in Kopinsalmi in the case of building Kutila canal. Kolhonlahti – Kolinlahti is situated in North – East corner of Pien-Saimaa near Rehula. Combining other solutions a potential combination was found; increasing the Vehkatakale pumping station's flow rate and directing it along with building either Kirjamoinssalmi or Kopinsalmi pumping station. The costs of different solutions were estimated as well.

Methods and results in this study can be used in other similar water quality improvement projects as well. Some essential information about Pien-Saimaa and the known flows in the area is summed in this Master's thesis.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö toteutettiin Lappeenrannan seudun ympäristötoimen toimeksiannosta. Kiitän ensimmäiseksi ympäristöjohtaja Ilkka Räsästä mahdollisuudesta tehdä tämä monipuolinen ja mielenkiintoinen diplomityö ja osallistua tätä kautta Pien-Saimaan kunnostusprojektiin. Kiitän työni tarkastajia ja ohjaajia Risto Soukkaa ja Juha Pyrhöstä ohjeista ja ideoista sekä kannustavasta ilmapiiristä. Kiitän kaikkia Pien-Saimaan projektiryhmän jäseniä, asiantuntijoita, yrityksiä ja muita tahoja, jotka ovat auliisti avustaneet minua diplomityön tekemisessä ja esittäneet ideoitaan ja ehdotuksiaan. Ilman teidän apuamme tämän selvityksen tekeminen olisi ollut mahdotonta.

Kiitokset opiskeluissa, vapaa-ajalla, harrastuksissa ja elämässä tukeneille opiskelutovereille ja ystäville. Kiitokset työtovereille avusta ja mukavasta työilmapiiristä. Kiitokset sukulaisille ja tutuille. Suuret kiitokset vanhemmilleni Timolle ja Seijalle, sekä veljelleni Antille tuesta ja avusta kaikkina näinä vuosina. Kiitokset Uunolle maanläheisestä ja erilaisesta lähestymisestä diplomityöhön ja sen tekemiseen. Kiitokset Essille yhteisistä hetkistä, avusta ja tuesta elämässä.

Lappeenrannassa 24.8.2009

Ville

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO	3
1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tausta.....	6
1.2 Työn tavoitteet	7
1.3 Työn rakenne ja rajaus	8
2 JÄRVIEN VIRTASOHJAUKSEN TEOREETTINEN TARKASTELU	10
2.1 Virtausohjauksessa käytettävät menetelmät	10
2.1.1 Lisäveden johtaminen	10
2.1.2 Alusveden poistomenetelmä	13
2.1.3 Muut menetelmät	17
2.2 Virtausohjaukseen soveltuvien tekniikoiden tarkastelu.....	18
2.2.1 Pumpulta vaadittavat ominaisuudet ja pumpputyypin valinta.....	18
2.2.2 Pumppaamon lisäosat	21
2.2.3 Vehkatairepaleen pumppaamo.....	22
2.2.4 Sopivan pumppumallin valinta	24
2.2.5 Tuulivoiman hyödyntäminen pumpun energialähteenä.....	25
3 VIRTASOHJAUKSEN TOTEUTTAMISEN TARKASTELUMENETELMÄT	26
3.1 Virtausohjauksen vaikutusten arviointi	26
3.2 Järvien virtausohjauksesta syntyvien riskien tunnistamisessa huomioon otettavia seikkoja	27
3.2.1 Lainsäädännön pohjalta huomioon otettavia seikkoja	28
3.2.2 Riskien arvioinnissa ja hallinnassa käytettävät menetelmät	37
3.3 Ravinnetasojen muutoslaskennassa, pumpun mitoittamisessa ja kustannuslaskennassa käytettävät menetelmät	42
3.3.1 Pumpun mitoitus	43
3.3.2 Avokanavavirtaus	48
3.3.3 Kustannuslaskenta	51
4 PERUSTIEDOT JA TUNNETUT VIRTAUKSET PIEN-SAIMAALLA	53

4.1 Alueen kuvaus.....	53
4.1.1 Perustiedot.....	53
4.1.2 Läntisen Pien-Saimaan eri osien ominaisuudet	54
4.1.3 Ongelmat Pien-Saimaan vedenlaadussa.....	56
4.1.4 Virtausohjausmenetelmän valinta	58
4.2 Tunnetut virtaukset Pien-Saimaalla ja sen ympäristössä	60
5 VIRTAUSOHJAUKSEN TOTEUTUS VAIHTOEHTOJEN ARVIOIMINEN PIEN-SAIMAALLA	68
5.1 Eri pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen ja pumppaussuuntien valinta	68
5.2 Tarkasteltujen pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen vaikutus eri alueiden vedenlaatuun ja vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen esittely	73
5.2.1 Tarkasteltujen pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen vaikutus eri alueiden vedenlaatuun.	73
5.2.2 Pumppaamon vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen esittely	76
5.3 Virtausohjauksesta aiheutuvien riskien tunnistaminen ja arviointi Pien-Saimaalla ..	89
5.3.1 Riskien tunnistaminen.....	89
5.3.2 Riskien arviointi ja hallinta.....	105
5.4 Pumppaamon mitoitus ja kustannuslaskenta.....	114
5.4.1 Virtauksen ja ravinteiden käyttäytyminen	114
5.4.2 Pumpun tehon laskenta ja vuosikustannukset.....	123
5.4.3 Investoinnit ja investointivaiheen kustannukset	126
5.4.4 Riskienhallintakustannukset.....	145
5.4.5 Useamman pienemmän pumpun käyttö yhden suuren sijasta	146
5.4.6 Yhteenveto kustannuslaskennasta.....	147
5.4.7 Kustannusten herkkyystarkastelu.....	151
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	159
7 YHTEENVETO	164
LÄHTEET.....	168

SYMBOLILUETTELO

Symbolit

A	pinta-ala	[m ²]
$a_{n/i}$	jaksollisten maksujen nykyarvotekijä	[-]
c	pitoisuus	[g/m ³]
D	halkaisija	[m]
f	karheuskerroin	[-]
g	putouskiihtyvyys	[m/s ²]
H	nostokorkeus/putouskorkeus	[m]
I	Investointikustannukset	[€]
i	laskentakorkokanta	[-]
l	pituus	[m]
m	massa	[kg] [g]
n	Pyörimisnopeus	[rad/s]
n	Manningenin tekijä	[-]
n_s	ominaispyörimisnopeus	[1/s]
t	aika	[a]
P	teho	[W]
p	paine	[Pa]
q_v	Tilavuusvirta	[m ³ /s]
r	muodostuva pitoisuus aikayksikössä	[g/sm ³]
Re	Reynoldsin luku	[-]
R_h	hydraulinen säde	[m]
S_o	yhden vuoden nettotuotto	[€]
S_0	Avokanavan kulman tangentti	[-]
q_v	tilavuusvirta	[m ³ /s]
U	sisäpuolen piiri	[m]
V	tilavuus	[m ³]
V_0	jaksollisten suoritusten nykyarvo	[€]
w	nopeus	[m/s]

x	avokanavan vedenpinnan korkeus	[m]
α	avokanavan kaltevuus	[°]
ρ	tiheys	[kg/m ³]
η	hyötysuhde	[-]
ε	putkenkarheus	[m]
μ	nesteen viskositeetti	[kg/ms]

Alaindeksit

accumulation	muutos
alusvesi	alusvesi
c	pitoisuus
gen	generaattori
generation	muodostuva
ideal	ideaali, häviötön
in	tuleva
kanava	avokanava
loss,kertavastukset	kertavastuksista aiheutuva menetys
loss,nostokorkeus	nostokorkeudesta johtuva menetys
loss,pintakitka	pintakitkasta aiheutuva menetys
moottori	pumpun moottorin
naselli	pumpun naselli
out	poistuva
pohja	avokanavan pohja
pumppu	pumppuosan
putki	putki
rengaskanava	Pumpun nasellin ja kotelon välinen kanava
runko	pumpun runko
sähkö	sähköteho
tot	kokonais-
wet,kanava	avokanavan veden kanssa kosketuksissa olevat osat

Lyhenteet

HW	Ylin vedenkorkeus
MW	Keskimääräinen vedenkorkeus
LW	Alin vedenkorkeus
m ³ krt	Kiintokuutio
COD	Kemiallinen hapen kulutus

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Läntisen Pien-Saimaan tila on herättänyt runsaasti huomiota tiedotusvälineissä ja lähialueiden asukkaissa. Tämä selvitys on osa kokonaisuutta, jonka tavoitteena on alueen vedenlaadun parantaminen. Myös Euroopan unionin vesipuitelidirektiivin tavoitteena on vesistön hyvän tilan saavuttaminen vuoteen 2015 mennessä. Yleisen viihtyvyyden ja virkistyskäytön ohella vesistön kunnostaminen on tärkeää, koska alueelta otetaan Lappeenrannan kaupungin raakavesi.

Heikko vedenlaatu on viime vuosina ilmennyt erityisesti voimakkaana sinilevän kukintana. Sinileväesiintymät ovat jatkuneet jo vuosia, mutta aivan erityisen voimakkaina vuosina 2006 - 2009, eikä tähän ole toistaiseksi löydetty yhtä yksittäistä selkeää syytä. Vaikka vesistöön kulkeutuvien ravinteiden määrät saataisiin suojelutoimilla ja tarkemmalla valvonnalla nopeasti ja merkittävästi alenemaan, kestäisi silti useita vuosia, ennen kuin tulokset näkyisivät parantuneena vedenlaatuna. Tämä johtuu siitä, että läntisen Pien-Saimaan sisäiset virtaukset ovat melko heikkoja.

Keskeisen ongelman muodostaa läntisen Pien-Saimaan maantieteellinen sijainti. Sieltä ei laske yhtään jokea eikä yksikään joki laske siihen. Alue on yhteydessä itäiseen Pien-Saimaaseen ja Vuoksen vesistöön ainoastaan muutamien kapeiden ja matalien salmien välityksellä. Ihminen on omalla toiminnallaan vielä vaikeuttanut veden liikkuvuutta tukkimalla pääosan luontaisten salmien poikkipinta-alasta Lappeenrannasta Taipalsaaren suuntaan johtavien patoteiden rakentamisen yhteydessä. Tästä syystä sadevesien ja muiden luontaisten kulkeutumisreittien mukana tulevat ravinteet eivät pääse helposti siirtymään ja laimenemaan aluetta ympäröiviin muihin vesistöihin.

Sopivaan paikkaan sijoitettu pumppaamo voisi saada veden kiertämään luontaista kiertoa nopeammin ja näin ollen vesistöä kuormittavat ravinteet siirtyisivät nopeammin muihin, suurempiin vesistöihin. Tällöin vesistön tilan kohentuminen saavutettaisiin huomattavasti nopeammassa aikataulussa kuin veden luontaisen vaihtumisen kautta. Pumppausajatus

perustuu erityisesti sille tosiseikalle, että ympäröivistä vesistöistä olisi saatavissa hyvälaatuista vettä huuhtelevaan myös Pien-Saimaan aluetta. Tästä on kokemusta jo 1930-luvulta lähtien, sillä Vehkataipaleen pumppaamon avulla pumpatulla Suur-Saimaan vedellä on pidetty huoli Pien-Saimaan Taipalsaarentien itäisen puolen veden kunnosta, estämällä Kaukaan tuotantolaitosten aiheuttaman vesiympäristörasituksen leviämisen länteen ja nopeuttamalla sen laimenemista. Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja Pena Saukkosen mukaan läntisen Pien-Saimaan vedenlaatua voi parantaa fosforikuorman pienentämisellä mutta myös virtaaman kasvattamisella. (Leskinen 2008 B.) Pumppauksella aikaan saatu virtauksen lisäys voidaan nähdä myös paluuna aiemmin Pien-Saimaalla vallinneisiin olosuhteisiin ennen patoteiden rakentamista, jolloin veden vaihtuminen oli tehokkaampaa.

1.2 Työn tavoitteet

Työssä selvitetään Pien-Saimaan ja erityisesti sen läntisen osan vedenlaadun parantamismahdollisuuksia nopeuttamalla veden luontaista kiertoa yhden tai useamman pumppaamon avulla. Tarkastellaan, voitaisiinko parempilaatuista vettä ohjata pumppausten avulla huuhtelevaan läntistä Pien-Saimaata niin, että sen toipumista voitaisiin merkittävästi nopeuttaa.

Etsitään parhaat virtauksenohjauksen toteuttamisvaihtoehdot Pien-Saimaalla. On tärkeää löytää pumppauskohteet, joissa riittävä virtaus saadaan aikaiseksi mahdollisimman pienellä nostokorkeuserolla, jolloin pumppauskustannukset saadaan hyvän hyötysuhteen pumpun avulla minimoituiksi. Koska kyseessä on joka tapauksessa pitkäaikainen toiminta, voitaisiin pumppauksen määrää hyvin säätää esim. kulloisenkin sähkön hinnan ohjaamana. Tämän lisäksi ratkaistaan muut pumppaamon vaatimat rakenteet kuten sulkulaitteet, putkistot ja ruoppaukset. Selvitetään virtauksenohjauksesta aiheutuvia riskejä ja epävarmuustekijöitä, jotka rajoittavat tai hankaloittavat pumppaustoiminnan toteuttamista ja kehitetään merkittäville riskeille riskienhallintaohjelma. Lisäksi laaditaan kustannusarviot potentiaalisimmille pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehdoille.

1.3 Työn rakenne ja rajaus

Perustietojen, kuten virtausohjauksen teorian, maantieteellisten tekijöiden, virtaustietojen ja vedenlaatutietojen avulla voidaan valita potentiaalisia sijoituspaikkoja pumppaamolle. Vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen ominaisuudet selvitetään ja tutkitaan, miten pumppaus voitaisiin toteuttaa ko. sijoituspaikoissa. Pien-Saimaan suojeluyhdistys ry. käy läpi hallituksen kokouksessaan ehdotetut sijoituspaikat ja kommentoi niitä sekä puutteita.

Arvioidaan eri sijoituspaikkojen tehokkuutta ja mahdollisia vaikutuksia Pien-Saimaan vedenlaatuun, jolloin voidaan todeta, mitkä sijoituspaikat olisivat tässä suhteessa parhaita. Vaikutusarvioiden perusteella voidaan havaita, minkälaisilla pumppausjärjestelyillä olisi mahdollista saavuttaa parhaat tulokset. Tällöin selvitetään myös mahdollisuudet käyttää samanaikaisesti useampaa eri paikoissa sijaitsevaa pumppaamoja.

Virtausohjauksen toteuttamiseen sisältyy lukuisia erilaisia rajoittavia tekijöitä ja riskejä. Selvityksessä perehdytään vesistönkunnostus- ja pumppaustoimintaa säätelevään lainsäädäntöön, jonka avulla saadaan pohja riskien tunnistamiselle. Tämän lisäksi selvitetään riskejä, joita voi aiheutua alueen toimijoille. Esille tulleita riskejä tunnistetaan Pien-Saimaalla ja sen lähialueilla. Riskeille toteutetaan riskiarviointi eri sijoituspaikoissa, jolloin voidaan tunnistaa merkittävät riskit ja pyrkiä kehittämään riskientorjuntasuunnitelma.

Riski- ja vaikutustietojen lisäksi suositeltavan sijoituspaikan valintaan vaikuttavat myös eri vaihtoehtojen kustannustiedot. Toteuttamiskelpoisille sijoituspaikoille laaditaan kustannusarviot, joiden avulla voidaan edelleen pohtia sijoituspaikkojen keskinäistä järjestystä. Kustannuslaskenta toteutetaan siten, että selvitetään mahdollisimman kustannustehokas kokonaisratkaisu 20 vuoden aikajänteellä tarkasteltuna. Kustannuslaskennassa otetaan huomioon investointi-, käyttö-, ja kunnossapito sekä riskienhallintakustannukset. Lisäksi selvitetään mahdolliset muut kustannukset. Kustannuslaskennan tehtävänä on vertailla eri vaihtoehtojen kustannuksia. Lopullisia mitoittavia laskelmia ei suoriteta vaan kustannuslaskenta on etupäässä suuntaa-antava. Olennaista olisi saada aikaiseksi kustannuksiltaan mahdollisimman edullinen ratkaisu, jotta hankkeen toteutuminen tulisi realistiseksi. Lopputuloksena saadaan yksi tai useampia suositeltavia pumppaamovaihtoehtoja ja riskienhallintasuunnitelma niille.

Tämän selvityksen puitteissa ei toteuteta Pien-Saimaan virtausmallinnusta. Sopivan virtausmäärän valintaa hankaloittaa se, että Pien-Saimaan kunnostushankkeessa ei ole asetettu konkreettisia tavoitteita ravinteiden tavoitetasoista eikä valuma-alueen ja vesistön sisäistä kuormitusta tunneta kunnolla. Näistä syistä ei voida laatia tarkkoja tase- ja laimennussuhteisiin perustuvia arvioita sopivista virtausmääristä. Virtausmäärien suuruutta arvioidaan karkeiden laimennuslaskujen avulla.

Työn rakenne jakautuu kahteen osaan: teoriaosaan ja soveltavaan osaan. Teoriaosassa luvussa kaksi tutustutaan kirjallisuuden avulla virtausohjauksen teoriaan ja toteutustapoihin, sekä käytettävissä olevaan tekniikkaan. Teoriaosuuden luvussa kolme esitetään teoreettiset perusteet tässä selvityksessä käytetyille menetelmille. Aluksi selvitetään pumppaamovaihtoehtojen vedenlaatuvaikutusten arviointimenetelmä. Tämän jälkeen lainsäädännön perusteella selvitetään virtausohjauksen toteutusta rajoittavia ja sääteleviä tekijöitä, joiden avulla voidaan tunnistaa riskejä. Luvussa kolme esitellään myös riskienhallintamenetelmät. Luvun kolme loppuosassa on esitetty laskennassa ja mitoituksessa käytettyjen menetelmien teoria. Soveltavan osan luvussa 4 keskitytään Pien-Saimaan ominaisuuksien selvittämiseen. Luvussa 5 arvioidaan eri sijoituspaikkojen vaikutuksia eri alueiden vedenlaatuun, tunnistetaan virtausohjaukseen liittyviä riskejä Pien-Saimaalla ja toteutetaan riskiarviointi sekä suoritetaan eri vaihtoehtojen mitoitus ja kustannuslaskenta. Luvussa 6 on esitetty johdopäätökset ja luvussa 7 yhteenveto.

2 JÄRVIEN VIRTAUSOHJAUKSEN TEOREETTINEN TARKASTELU

Tässä luvussa perehdytään kirjallisuuden avulla virtausohjauksen teoriaan, peruseriaatteisiin ja toteutustapoihin sekä esimerkkeihin virtausohjauksen toteuttamisesta. Selvitetään virtausohjauksessa sovellettavaa tekniikkaa ja laskentaperiaatteita.

2.1 Virtausohjauksessa käytettävät menetelmät

Tässä luvussa käydään läpi erilaisia menetelmiä, joiden avulla vesistön vedenlaatua voidaan parantaa virtausohjauksen avulla. Eri menetelmien esittelyyn on liitetty mahdollisuuksien mukaan esimerkitapauksia kunkin menetelmän käytöstä. Tarkasteltavat kunnostusmenetelmät ovat lisäveden johtaminen, alusveden poisjohtaminen, tulvavesien ohjottaminen, virtaussuuntien ohjailu järvioltaassa sekä säännöstely alivesipurkautumien lisäämiseksi.

2.1.1 Lisäveden johtaminen

Lisäveden johtamismenetelmää käytetään vesistön vedenlaadun parantamismenetelmänä, jossa lisätään virtausta, alennetaan ravinnepitoisuutta ja pienennetään viipymäaikoja vesistössä. Menetelmän toiminnan kannalta olennaista on, että lisävettä on saatavilla kohtalaisen läheltä ja se on laadultaan vähintään yhtä hyvää kuin kohdealueen vesistön vedenlaatu. Lisäveden johtaminen ei saa aiheuttaa pinnankorkeuden vaihteluita kohdevesistössä tai siinä vesistössä, josta vettä otetaan. (Oulun kaupunki 2004, 15; Seppänen 1973, 23.)

Kaksi varhaisinta kokeilua vesistön kunnostamisesta lisävedenjohtamisella ovat Bled-järvi ja Green lake. Näiden tapausten perusteella tutkijat ovat todenneet seuraavanlaisia edellytyksiä, joita tulisi ottaa huomioon lisäveden johtamisessa:

1. Lisävettä tarvitaan runsaasti. Tästä syystä menetelmä soveltuu parhaiten pieniin ja keskisuuriin järviin. Järven tilavuus on kuitenkin merkittävämpi tekijä kuin järven pinta-ala ja alusveden tilavuus on tärkeämpi kuin pintavesien tilavuus.
2. Lisäveden on oltava vähäravinteisempaa ja vedenlaadultaan vähintään yhtä hyvää kuin kohdevesistön vesi.
3. Lisävettä on saatava jatkuvasti, jos kunnostettava vesistö on luonnollisesti eutrofinen eli runsasravinteinen. Mikäli järvi on oligotrofinen eli vähäravinteinen, riittää kun ravinnekuormituslähde eliminoidaan ja järvi kunnostetaan määräaikaisella lisäveden johtamisella.
4. Kun vertaillaan kohdevesistön ja lisävesilähteen vedenlaatueroja, on laimentumisen ennustaminen pohjattava erilaisilla sekoitussuhteilla tehtäviin kokeisiin.

(Seppänen 1973, 24.)

Jos olosuhteet ja lisäveden johtaminen on toteutettu hyvin, pitäisi tästä seurata kolmea erilaista hyötyä, jotka ovat:

1. Perusravinteiden pitoisuuksien aleneminen
2. Yhden tai useamman hivenaineen pitoisuuden laimeneminen alempaan pitoisuuteen, jossa siitä tulee minimitekijä kasvulle.
3. Levien huuhtoutumisnopeus luusuan kautta suhteessa levien lisääntymisnopeuteen kasvaa, mikä vaikuttaa suoraan järvessä olevien levien määrään.

(Seppänen 1973, 25.)

Lisäveden johtamista järven kunnostusmenetelmänä on käytetty 1950-luvulta alkaen ja sillä on saavutettu positiivisia tuloksia useissa järvissä. Menetelmää on kuitenkin käytetty yleensä huomattavasti Pien-Saimaata pienempiin vesistöihin ja lisävesimäärät ovat niin ikään olleet melko pieniä 0,5–1 m³/s. Tässä selvityksessä keskitytään suurempiin 1–20 m³/s virtaamiin.

Keinotekoisien kierron suotuisista vaikutuksista vesistöön on olemassa tutkimustuloksia. Green lake Yhdysvalloissa oli rehevöitynyt järvi, johon johdettiin vuosina 1959 – 1966 Seattlen kaupungin vesilaitoksen ylijäämävettä, jonka ravinnekonsentraatio oli pienempi kuin järven luontainen ravinnepitoisuus. Kuuden tai seitsemän vuoden aikana järveen joh-

dettiin 25 miljoonaa kuutiota vettä, joka vastaa keskimääräistä virtaamaa 0,11 – 0,13 m³/s. Toimenpiteen johdosta järven rehevyysaste laski merkittävästi. Green lake järvi on tilavuudeltaan noin 0,00412 km³. (Seppänen 1973, 23.)

Toinen varhaisista esimerkkitapauksista on Bled –järvi Sloveniassa. Bled –järven ongelmana oli alusveden hapettomuus 20 metrin syvyydestä pohjaan eli maksimissaan 30 metrin syvyyteen asti. Läheisestä, 130 metriä korkeammalla sijaitsevasta, Radovna -joesta otettiin vettä 2 m³/s gravitaatioputkella ja johdettiin kahteen eri paikkaan Bled –järvessä. Järven vesi vaihdettiin syksyllä ja keväällä ja koko vesimassan vaihtumiseen kului aikaa kaksi kuukautta. Tarkkoja tuloksia menetelmän vaikutuksesta Bled –järven tilaan ei ole kuitenkaan saatavissa. Tämä menetelmä on melko lähellä alusveden poistomenetelmää, koska toimenpiteen ensisijainen tehtävä on koko vesistön vesimassan saattaminen aerobiseen tilaan. (Seppänen 1973, 23-24.)

Lisäveden johtamisesta vesistöön on saatu kohdevesistöissä positiivisia tuloksia myös Suomessa. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymän toteuttamassa hankkeessa vettä on johdettu Päijänne-tunnelista Ridajärveen ja sitä kautta Keravanjokeen jo vuodesta 1989 lähtien. Vettä juoksetetaan ainoastaan kesäaikaan noin 0,8 m³/s. Tulokset ovat olleet selkeitä ja vedenlaadun paraneminen on näkynyt muun muassa alun perin humuspitoisen veden kirkastumisena. Veden ravinnepitoisuudet ovat lähes puolittuneet 1980-luvun jälkeen. Päijänne-tunnelista on johdettu vettä niin ikään Rusutjärveen ja sitä kautta Tuusulajärveen. Lisävesivirtaus on ollut noin 0,2 m³/s ja Rusutjärven tila on kohentunut selkeästi. Sen sijaan Tuusulajärveen vaikutus on ollut pientä tai olematonta. (Oulun kaupunki 2004, 15.)

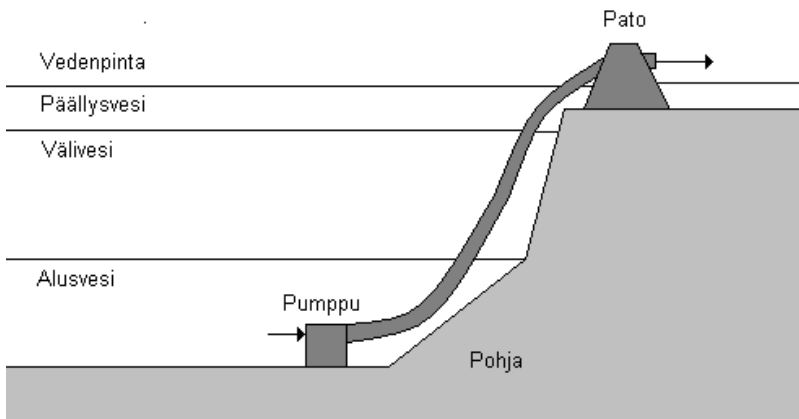
Oulussa vastaavantyyppinen hanke käynnistyy Pyykösjärvessä. Pyykösjärvi on matala ja rehevöitynyt järvi ja tärkeä virkistyskäyttökohde. Järvi kärsii kesäisin voimakkaasta leväkukinnasta ja talvisin happikadosta. Järven tilaa on yritetty kohentaa hapettamalla vettä ja niittämällä vesikasvustoa. Ongelmaksi on kuitenkin muodostunut järven suuri sisäinen kuormitus ja hidas veden vaihtuminen. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2008, 3.) Nyt Pyykösjärven tilaa yritetään parantaa johtamalla Oulujoen hyvälaatuisia vettä Pyykösjärveen. Kunnostuksella lisätään veden vaihtuvuutta ja estetään järven happamuuden vaih-

telua, tavoitteena leväkukintojen vähentäminen ja järven kalaston elinolosuhteet turvaaminen talven yli. Lisävettä aiotaan johtaa marraskuusta maaliskuuhun noin 0,1 m³/s. Vesi johdetaan Oulujoesta Pyykösjärveen hieman alle 5 kilometriä pitkällä putkella. Johdettava vesimäärä vastaa noin puolta Pyykösjärven tilavuudesta ja noin 10 km² valuma-aluetta. Pyykösjärven tilavuus on noin 1,94 milj. m³. Vettä johdetaan kahteen eri paikkaan, jotta koko vesimassa sekoittuisi tehokkaammin. Lisävesi purkautuu pois Pyykösjärvestä ojia pitkin. Pumppauksen avulla laskennallisesti arvioidaan fosforin määrän pienentyvän talvis-aikaan noin 6 µg/l ja typen määrän jopa 1500 µg/l. Happea pumppauksen mukana tulee noin 95 kg/d. (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2008, 3–5 ja 8.)

2.1.2 Alusveden poistomenetelmä

Alusveden poistaminen vaikuttaa järven tilaan kahdella eri mekanismilla. Alusveden ravinnepitoisuudet ovat yleensä suuremmat kuin ylempien vesikerrosten ja happitilanne on ylempää vettä heikompi. Mikäli järven poistovesi otetaan pohjavedestä, on poistuvien ravinteiden määrä suurempi kuin normaalissa pintapoistossa. Kun järven alusvettä poistetaan, korvautuu se ylempien vesikerrosten happipitoisemmalla vedellä. Parantunut happipitoisuus edesauttaa puolestaan pohjan läheisten ravinteiden sitoutumista sedimentteihin. (Ulvi 2005, 203.) Alusveden poistamista voidaan pitää eräänlaisena alusveden hapetuksena, mutta se vaikuttaa ravinnepitoisuuden vähenemiseen myös suoraan poistamalla ravinteita, kun hapetus ainoastaan parantaa pohjan happitilannetta, joka edistää ravinteiden sitoutumista pohjasedimentteihin. (Mattila 2005, 203; Seppänen 1973.) Alusveden poistomenetelmää voidaan pitää eräänlaisena lisävedenjohtamisen erikoistapauksena.

Alusveden poisto voidaan toteuttaa kolmella eri menetelmällä. Vesi voidaan poistaa painovoiman avulla purkuputkella, paine-erojen avulla lappoputkella tai mekaanisesti pumpun avulla. Kuvassa 1. on esitetty periaatekuva pumpulla toteutetusta alusveden pumppaamisesta. Yleensä alusvesi poistetaan alapuolisiin vesistöihin, mutta se voidaan myös käyttää kasteluun tai imeyttää maahan. (Ulvi 2005, 205.)



Kuva 1. Alusveden poisjohtaminen pumpun avulla (Ulvi 2005, 207.)

Tärkein tekijä alusvedenpoistomenetelmän onnistumisen kannalta on järven lämpötilakerrostuneisuus. Kerrostuneisuuskautena vesimassat eivät siirry pinta- ja pohjaveden välillä, sillä eri lämpötilaiset vesimassat asettuvat tiettyyn järjestykseen tiheyden mukaan. Pohjan tuntumaan asettuu 4 °C vesi, joka on kaikkein tiheintä. Tällöin vesikerrosten välillä ei ole vaihtuvuutta ja alemmat vesikerrokset eivät saa happitäydennystä. Pohjan tuntumassa jatkuva mikrobien aiheuttama hajotustoiminta kuluttaa jäljelle jääneen hapen. Tällöin voi syntyä happivaje tai täydellinen happikato. Vähähappisissa olosuhteissa ravinteita vapautuu pohjasedimenteistä ja ravinnepitoisuudet kasvavat päänlyyveden pitoisuuksia suuremmiksi. Pohjoisissa oloissa syksyllä ja keväällä vedet yleensä sekoittuvat, kun lämmin tai kylmä pintavesi painuu alemmas. (Ulvi 2005, 205 – 206.)

Alusveden poistamisen toimivuuteen vaikuttaa keskeisesti kunnostettavan järven tilavuuden suhde poistovirtaamaan, sekä järven tila ja siihen kohdistuvat kuormitukset. Menetelmän tehokkuuteen vaikuttavat myös veden viipymäaika järvioltaassa, järvioltaan morfometria, kerrostuneisuusolot, järven hapenkulutusnopeus sekä veden ja sedimentin välinen ravinteiden vaihto. (Ulvi 2005, 206.)

Kotimaisten ja ulkomaisten käyttökokemusten perusteella on esitetty alusveden poistamisen soveltuvuudelle järven ominaisuuksista ja poistovirtaamasta riippuvia kriteerejä. (Ulvi 2005, 206.)

Taulukko 1. Alusveden poisjohtamisen toimivuus järvessä (Ulvi 2005, 206.)

	Yksikkö	Soveltuu hyvin	Soveltuu huonosti
V/q_{alusvesi}	[d]	<400	>800
$V_{\text{alusvesi}}/q_{\text{alusvesi}}$	[d]	<100	>200
q_{alusvesi}/A	[m ³ /skm ²]	>0,1	<0,05

q_{alusvesi} alusveden poistovirtaama

V järven tilavuus

V_{alusvesi} alusveden tilavuus

A järven pinta-ala

Nähdään, että menetelmä on sitä tehokkaampi, mitä enemmän alusvettä suhteessa järven tilavuuteen voidaan poistaa. Mikäli järven poistovirtaama on pinta-alaan nähden pieni, jää suoranaisten hapetusvaikutus vähäiseksi. Tällöin myös alusvesi vaihtuu hitaasti eikä poistaminen merkittävästi vaikuta järven tilaan. Menetelmä on toiminut kokeiluissa parhaiten, kun alusvesi poistuu putken kautta noin 2–3 kuukaudessa. Edellä esitetyn taulukon mukaiset kriteerit toteutuvat parhaiten järvissä, jotka ovat maljamallisia ja syvenevät nopeasti heti rannasta lähtien. Jos järvessä on matalat rannat ja syvänealueita, ei matalaan osaan muodostu merkittävää kerrostuneisuutta ja tällöin taulukon kriteerit ovat sovellettavissa järven syviin osiin, joissa kerrostuneisuutta tapahtuu. (Ulvi 2005, 206.)

Alusveden poistaminen on tehokkaimmillaan kerrostuneisuuskausien loppuvaiheilla, jolloin ravinnepitoisuuserot ovat suurimmillaan. Järvien vesimassojen täyskierron aikana menetelmällä ei ole yhtä suurta merkitystä järven tilaan, koska tällöin pitoisuuserot tasoittuvat. (Ulvi 2005, 206.)

Alusvettä poistamalla ei välttämättä voida merkittävästi lisätä järvestä poistuvien ravinteiden määriä. Poistaminen vaikuttaa kuitenkin veden fosforipitoisuuden jakautumiseen ja määriin. Sedimenteistä vapautuvasta fosforista huolimatta laimenemisen ansiosta alusveden fosforipitoisuus pienenee. Järven täyskierron aikana tuottaviin pintakerroksiin ei siirry enää yhtä paljon ravinteita kuin aiemmin, koska pitoisuudet alusvedessä ovat pienentyneet. Laajassa tutkimuksessa todettiin, että kuudessatoista kohdejärvessä seitsemästätoista olivat täyskierron aikaiset kokonaisfosforipitoisuudet pienentyneet. Tulokset olivat selvimpiä kaikkein rehevöityneimmissä järvissä. Päälysveden kokonaisfosforipitoisuudet muuttuivat yleensä noin viiden vuoden kuluttua menetelmän käyttöönotosta. (Ulvi 2005, 206.)

Alusveden poiston yhteydessä järven alusveden tilavuus yleensä pienenee. Tällöin happipitoisempi päänlysvesi siirtyy lähemmäs pohjaa. Jos alusvettä pystytään pumppaamaan riittävän paljon, voi järven luontainen kerrostuneisuus jopa purkautua. Tällainen tilanne on kuitenkin kokemusten perusteella epätodennäköinen, sillä poistuvan veden määrä jää yleensä liian pieneksi verrattuna järven tilavuuteen. Matalissa järvissä, joiden kerrostuneisuuden stabiliteetti on melko huono, alusveden poistaminen voisi aiheuttaa täyskierron myös kesällä, jolloin kerrostuneisuus on voimakkainta. (Ulvi 2005, 207.)

Talvisin järvi ei juuri saa happitäydennystä, mikäli siihen laskevien jokien ja ojien tulovirtaamat ovat pienet. Tällöin järven pohjan tuntumassa hajotus kuluttaa järveen varastoitunutta happea, tosin hitaammin kuin kesällä. Talvella pohjavedenpoiston avulla aikaansaatu kerrostuneisuuden purkautuminen on helpompaa kuin kesällä. Tämä johtuu alusveden ja pintaveden pienistä lämpötila- ja tiheuseroista. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että yli 2,5 miljoonan kuutiometrin kokoisissa järvissä ei alusvettä poistamalla voida vaikuttaa hapettoman jakson pituuteen, koska riittävän suuren alusvesimäärän poistamisen toteutus on hankalaa. Jos tavoitteena ei kuitenkaan ole akuutti happikadon torjunta, voi alusveden jatkuva poistaminen turvata riittävän hapen määrän syvänteessä, jolloin ravinteiden vapautuminen pohjasedimenteistä vähenee, mikä vaikuttaa hitaasti järven tilaan. (Ulvi 2005, 207.)

Alusveden poistolla on ollut yleensä positiivisia vaikutuksia kohdejärvissä. Espoon Lippajärven ja Dämmanin tekojärven vedenlaatu oli 1960-luvulla huono voimakkaan rehevöitymisen takia. Alusveden poistaminen aloitettiin Dämmanissa vuonna 1968 ja Lippajärvessä vuonna 1972. (Ulvi 2005, 208.)

Lippajärven tilavuus oli 1,35 miljoonaa kuutiometriä ja veden poistonopeus oli 0,014 m³/s, joka on noin 21 % järven keskivirtaamasta. Veden poiston seurauksena lämpötilaerot taasoituivat, eikä hapettomia alueita enää esiintynyt. Järven fosforipoistuma lisääntyi 47 % vuodessa ja järven kokonaisfosforipitoisuus aleni noin 40 % kymmenessä vuodessa. Kokonaistyyppipitoisuus aleni 30 % kymmenessä vuodessa. Näihin tosin vaikuttivat myös valuma-alueella tehdyt parannustoimenpiteet. (Ulvi 2005, 208.)

Dämmanin tekojärven tilavuus on noin 0,45 miljoonaa m³. Vettä poistettiin järven syvimästä kohdasta lapolla noin 0,045 m³/s. Vertailusyvän teeseen nähden lämpötilaerot tasoituivat ja happitilanne parani nopeasti. Fosforin ja typen poistuma ei juuri lisääntynyt vaan menetelmällä oli suurin merkitys happitilanteen parantumiselle ja sitä kautta kuormituksen pienentymiseen. Veden poisto aiheutti järven alapuolisessa purossa hajuhaittoja ja rautasekä mangaanisaostumia. (Ulvi 2005, 208.)

Merimaskun Taattisjärvellä fosforipitoisuudet olivat 1969 jopa 250 µg/l. Järvestä pumpattiin vettä 0,025 m³/s kolmen kuukauden ajan ja tämän jälkeen kuukauden ajan kevättälvella ja syyskesällä. Vuoteen 1976 mennessä järven tila kuitenkin heikkeni, vaikka pumppauksen aikaan saama fosforipoistuma oli 50 kg vuodessa. Järven sisäinen kuormitus oli niin voimakas, että se ylläpiti rehevöitymistä pumppauksestakin huolimatta. (Ulvi 2005, 208 - 209.)

2.1.3 Muut menetelmät

Lisäveden johtamisen ohella muita virtausohjauksella toteutettavia kunnostusmenetelmiä ovat tulvaveden ohjohtaminen, virtaussuuntien ohjailu järviaaltaassa sekä säännöstely alivesipurkautumien lisäämiseksi. (Seppänen 1973, 23 – 28.)

Tulvavesien ohjohtamisella tarkoitetaan menetelmää, jossa valuma-alueelta tuleva vesi johdetaan järven ohi silloin, kun valuma-alueelta tulevat ravinnepitoisuudet ovat suuret. Tällainen huippu ravinnepitoisuuksissa voi olla esimerkiksi keväällä sulamisvesien valussa järveen. Menetelmää on Seppäsen mukaan järkevää soveltaa ainoastaan silloin, kun oligotrofisen järven valumavedet tulevat viljelyalueilta tai kuormittuneesta joesta, jolloin joki voidaan johtaa ohi järvestä. (Seppänen 1973, 25 – 27.)

Järviaaltaan virtaussuuntien ohjailu on vesistön kunnostusmenetelmä, jossa pyritään saamaan vesistön veden vaihtuminen lähelle arvoa, jonka se teoriassa saa. Usein järvien veden todellinen vaihtuminen on hitaampaa kuin tilavuuden ja virtaaman avulla laskettu viipymäaika osoittaa. Tätä kutsutaan hydrauliseksi oikosuluksi eli tilanteeksi, jossa virtaama keskittyy väin pieneen osaan vesistöä. Tällöin suurin osa vedestä vaihtuu hitaasti. Erilaisten

patojen, pohjapatojen tai pengerten avulla voidaan esimerkiksi järveen tulevan joen virtaamaa ohjata. Tämä menetelmä vaatii Seppäsen mukaan erityisen tarkkoja selvityksiä ja vaikutusten monipuolista tarkastelua. (Seppänen 1973, 27 – 28.)

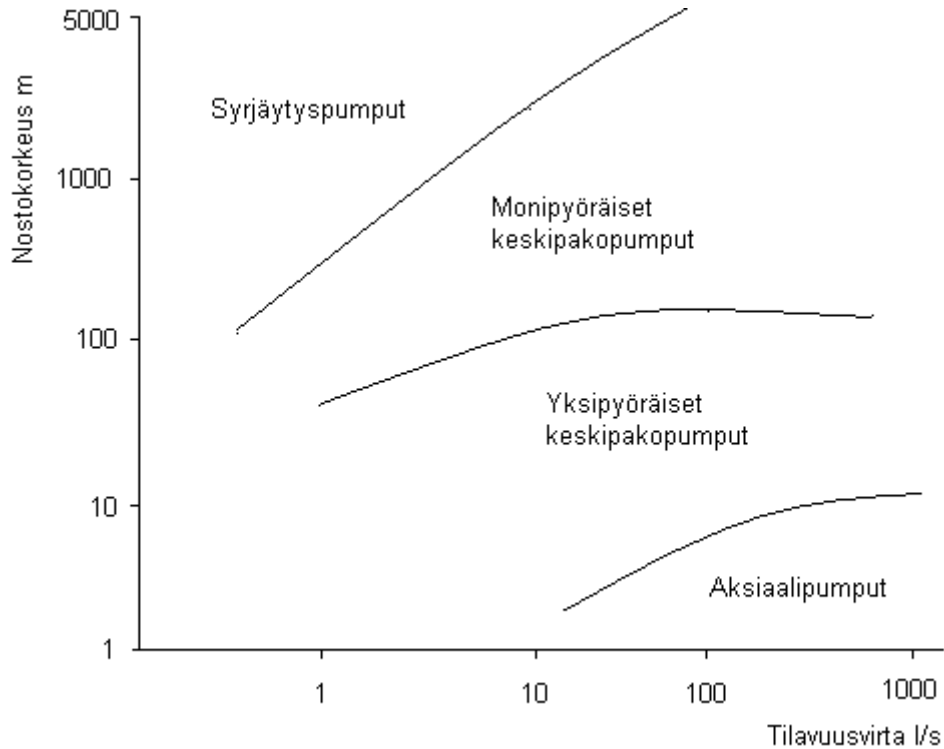
Säännöstely alivesipurkautumien lisäämiseksi on eräänlainen erikoistapaus lisäveden ohjaamisesta. Siinä vedenkorkeuden säännöstelyn avulla saadaan järven kerrostuneisuus vähenemään. Ongelmaksi muodostuvat korkean veden aikaan rannoilta siirtyvät ravinteet ja matalan veden aikaan pohjan sedimenteistä eroosion myötä paljastuvat ravinteet. Tästä syystä menetelmän käyttäminen on voimakkaasti riippuvainen paikallisista olosuhteista. (Seppänen 1973, 28 – 20.)

2.2 Virtausohjaukseen soveltuvien tekniikoiden tarkastelu

2.2.1 Pumpulta vaadittavat ominaisuudet ja pumpputyypin valinta

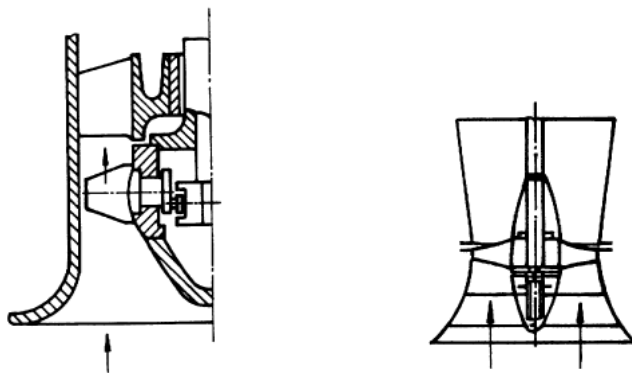
Järven virtausohjaus voidaan periaatteessa toteuttaa joko painovoiman avulla gravitaatioputkella tai mekaanisesti pumppaamalla. (Mattila 2005, 203.) Gravitaatioputki tulee kysymykseen siinä tapauksessa, että virtausmäärät ovat pieniä ja vettä siirretään korkeammalla olevasta vesistöstä alempaan vesistöön. Tässä selvityksessä keskitytään virtauksen kehittämiseen pumppaamalla, koska vaaditut pumppausmäärät ovat suurehkoja eikä vettä voida siirtää alaspäin, koska tutkittavat vesistöt ovat pääasiassa samassa tasossa toisiinsa nähden.

Pumpputyypin valinta riippuu eri tekijöistä, kuten nostokorkeudesta ja tilavuusvirrasta. Virtausohjaukseen soveltuvat pumput, joilla on matala nostokorkeus ja suuri tilavuusvirta. Tällöin voidaan suuriakin vesimääriä siirtää alemmilla käyttökustannuksilla.



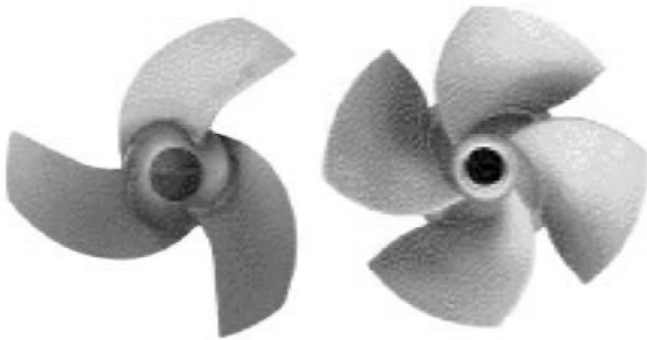
Kuva 2. Eri pumputyyppien tyypillisiä toiminta-alueita. (Luukkanen 2001, 45.)

Havaitaan, että erityisen matalilla nostokorkeuksilla ja suurilla virtausmäärillä ollaan aksiaalipumppujen alueella. Virtausohjauksessa vaaditaan suurta tilavuusvirtaa alhaisella nostokorkeudella. Aksiaalipumput soveltuvat tämän kaltaiseen pumppaukseen. Aksiaalipumput vastaavat toimintaperiaatteeltaan keskipakopumppuja, mutta niissä kaikki pumpun läpi menevä virtaus on akselin suuntaista. Lisäksi juoksupyörä on halkaisijaltaan moninkertainen verrattuna keskipakopumppuun ja vastaavasti pumpun pyörimisnopeus on alhainen. Kuvassa 3. on esitetty aksiaalipumpun toimintaperiaate. (Luukkanen 2001, 12.)



Kuva 3. Aksiaalipumpun toimintaperiaate (Luukkanen 2001, 13)

Pumpun valintaan vaikuttavat esimerkiksi nostokorkeuksien vaihtelut, jolloin voidaan optimoida pumpun käyttö sopivimpiin tilanteisiin. Potkuripumpulle on ominaista jyrkästi laskevat q_V , H -käyrät. Ne soveltuvat hyvin vaihtelevalle nostokorkeudelle. Hitaasti pyörivälle keskipakopumpulle on ominaista hitaasti laskeva q_V , H -käyrä ja se soveltuu paremmin vaihtelevalle tilavuusvirralle, mutta vakaalle nostokorkeudelle. Keskipakopumppu toimii myös suuremmalla imukorkeudella kuin potkuripumppu. (Wirzenius 1977, 252 – 253.) Paras pumpputyyppeistä virtausohjauksen toteuttamiseksi olisi Lappeenrannan teknillisen yliopiston virtaustekniikan professorin Jaakko Larjolan mukaan vaaka-akselinen potkuripumppu. (Larjola 2009, puhelinkeskustelu 10.6.2009.) Tästä syystä tämä selvitys laaditaan käyttäen tarkasteluissa potkuripumppua. Erilaisia potkuripumpun juoksupyöriä on esitetty kuvassa 4.

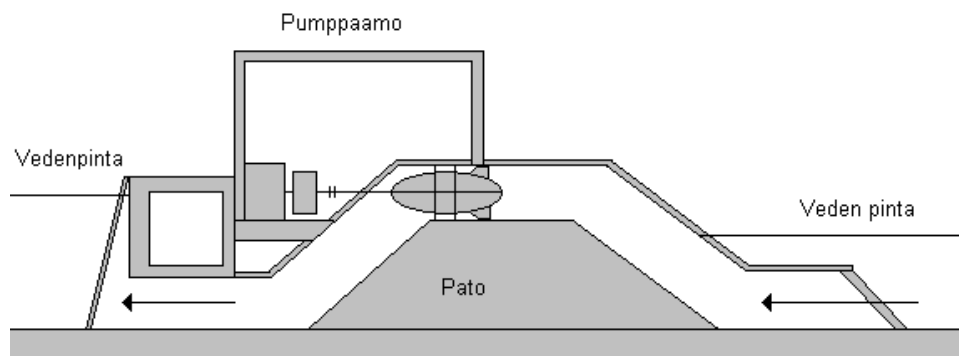


Kuva 4. Potkuripumpun juoksupyöriä ja johtopyöriä (Erkkilä et Kallio 2007, 9)

Jos pumpun käyttöaika rajoittuu esimerkiksi pelkästään tulvakausiin, tulee valita yksinkertainen ja kustannuksiltaan edullinen pumppu. Virtausohjaus voidaan toteuttaa joko jatkuva-toimisena tai ajoittaa tiettyihin kausiin, esimerkiksi sähkönhinnan mukaan. (Wirzenius 1977, 253.)

Olellista pumpun valinnassa ovat alhainen nostokorkeus, suuri tilavuusvirta, (noin 1–20 m³/s) ja hyvä hyötysuhde, jotta käyttökustannukset pysyvät mahdollisimman alhaalla. Wirzenius luokittelee pienen nostokorkeuden ja suuren tilavuusvirran pumput kategoriaan kastelu-, kuivaus-, ja kiertopumput. Kyseisiä pumppuja käytetään suurten vesimäärien siirtelyyn kuten viljelysten kasteluun tai esimerkiksi Hollannissa veden siirtämiseen patovallin

yli, jolloin saadaan alavaa maata kuivattua. Pengerryspumpun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 5. (Wirzenius 1977, 252.)



Kuva 5. Pengerryspumppu (Wirzenius 1977, 252)

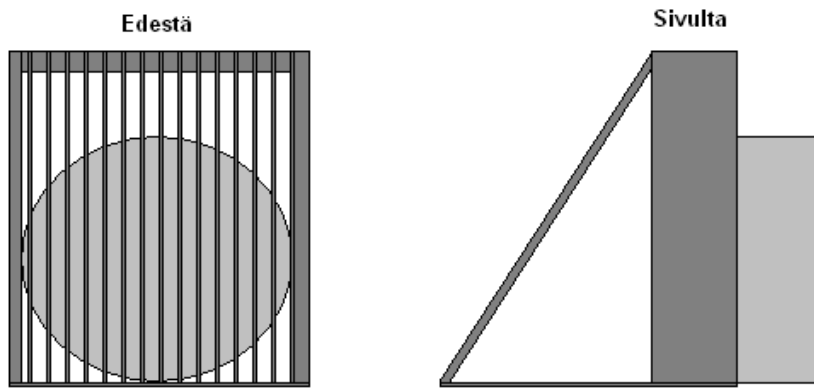
Nostokorkeuden ollessa pieni, veden nopeuskorkeus pumpun tulo- ja menokanavissa merkitsee huomattavaa osaa nostokorkeudessa. Tästä syystä virtaushäviöt olisi minimoitava ja nopeuskorkeuden muuttaminen painekorkeudeksi pumpun jälkeen olisi saatava niin häviöttömäksi kuin mahdollista. (Wirzenius 1977, 253.) Pumpun imuputken päässä ja sisääntulossa voidaan käyttää diffuusoreita, jotka ohjaavat virtausta ja vähentävät virtauksen pyörteitä. Tällöin häviöt saadaan pienenevästi merkittävästi, jopa kymmenesosaan putken päiden osalta. Diffusori on suppilomainen kappale, joka on toisesta päästä putkenpään kokoinen ja levenee avointa päätä kohden. (Larjola 2009, puhelinkeskustelu 10.6.2009.)

Jonkinlainen ejektorijärjestelmä saattaisi olla Sulzer Pumps Finland Oy:n Heikkilän mukaan järkevämpi vaihtoehto. Siinä pienempituottoinen pumppu yhdistettäisiin ejektoriin, joka imisi vettä. Tällöin pumpun osalta päästäisiin pienempiin investointikustannuksiin. Ejektorin käyttömahdollisuutta ei tutkita tarkemmin tämän selvityksen puitteissa. (Heikkilä 2009)

2.2.2 Pumppaamon lisäosat

Koska, pumppu sijoitetaan järviveteen, on otettava huomioon vedessä olevien epäpuhtauksien ja erilaisten roskien ajautuminen pumppuun. Tästä syystä pumppu tulee suojata suoja-

rakenteella, kuten välpällä. Välppä toimii myös turvalaitteena, estäen esimerkiksi ihmisten tai veneiden ajautumisen pumppuun. Kuvassa 6. on esitetty veteen sijoitettu putkenpää, johon on liitetty välppä. Valpän aukkojen koon mukaan voidaan estää halkaisijaltaan tietyn kokoisten kappaleiden ja epäpuhtauksien joutuminen putkiston kautta pumppuun. Pumppuun päässeet epäpuhtaudet saattavat hankaloittaa pumpun toimintaa. Välppä tulisi kuitenkin suunnitella myös niin, että se peittää mahdollisimman pienen osan putken virtauspoikkipinta-alasta, jotta välpystä aiheutuva painehäviö pysyy mahdollisimman pienenä.



Kuva 6. Imuputken päähän liitetty välppä

Järven syvänteissä on yleensä paksu ja pehmeä liejukerros, johon putken pää helposti uppoaa ja tukkeutuu. Putken suun uppoaminen voidaan estää erilaisilla holkkimaisilla rakenteilla, jotka lisäävät putken vaipan pinta-alaa ja irrottavat putken pään suorasta pohjakosketuksesta. (Ulvi 2005, 205) Suuremmat putket voidaan ankkuroida paikoilleen kiinteämmillä rakenteilla kuten valuilla ja erilaisilla tuennoilla.

2.2.3 Vehkataipaleen pumppaamo

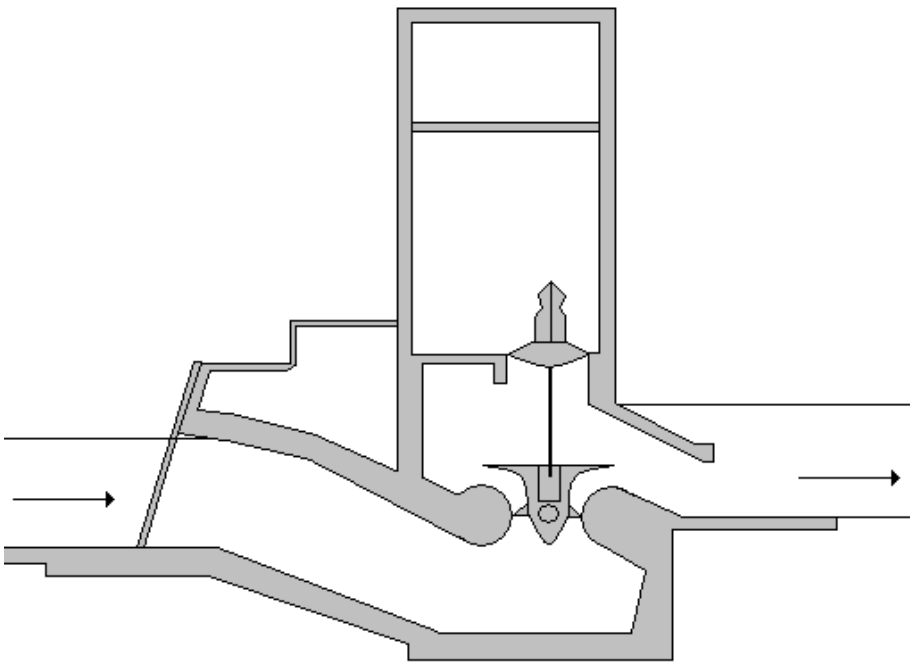
Tarkastellaan tässä kohtaa esimerkkitapauksena Vehkataipaleen pumppaamo, koska se liittyy olennaiselta osalta työn suunnitteluun ja sen avulla saadaan arvokasta tietoa keino-tekaisen virtauksen aikaansaamisesta Pien-Saimaan olosuhteissa. Vehkataipaleen pumppaamon tekniset tiedot on esitetty seuraavassa taulukossa 2. Pumppaamossa on kaksi samanlaista pumppua. Tiedot on esitetty erikseen molemmille pumpuille. Pumput ovat tyyppiltään pysty akselisiä potkuripumppuja, joissa virtaus käännetään diffuusorilla vaakasuun-

taan. Pumput ovat edelleen samanlaiset kuin alkuperäiset pumput ja vioittuneet ja huolletut osat on korvattu alkuperäisiä vastaavilla. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009)

Taulukko 2. Vehkatakiaipaleen pumppaamon tekniset tiedot (von Herten 1938, 20; Maunus-Tiihonen 2009 yksityinen sähköpostiviesti 3.4.2009.)

Ominaisuus	Yksikkö	Pumppu 1	Pumppu 2
Ottoteho P_{otto} (3/2009)	[kW]	171	169
Yhteisvirtaama $q_{V_{\text{tot}}}$	[m ³ /s]	37,3	
Yhden pumpun virtaama q_V (kilpitiedot)	[m ³ /s]	17,5	17,5
Nostokorkeus pumppaamon ulkopuolelta mitattuna H	[m]	0,15–0,20	
Kokonaisnostokorkeus H_{tot}	[m]	0,075	
Nostokorkeus (kilpitiedot)	[m]	0,08–0,10	
Hyötysuhde η välppä huomiotta	[%]	17,3	
Hyötysuhde η välppä huomioon otettuna	[%]	13,8	

Havaitaan, että hyötysuhde on melko alhainen ja von Herten toteaa vielä, että tarkasteltaessa pumppaamo riittävän kaukaa, lähestyy hyötysuhde nollaa, sillä nostokorkeus lähestyy nollaa. (von Herten 1938, 20 – 21.). Vehkatakiaipaleen pumppaamo on esitetty kuvassa 7. Lappeenrannan teknillisen yliopiston virtaustekniikan professori Jari Backman toteaa sähköpostiviestissään, että pumppujen tiedot ovat kyllä pumppukäyrällä, mutta huonoimmassa päässä. Nykyaikaisilla tekniikoilla vastaava pumppaamo voitaisiin toteuttaa paremmalla hyötysuhteella. (Backman, yksityinen sähköpostiviesti 7.4.2009.)



Kuva 7. Vehkakaipaleen pumppaamon sivuleikkauskuva (von Herten 1938, 22)

Käytetään tässä selvityksessä nostokorkeutena mitoitettaville pumppuille 0,10 metriä (mikäli sijoituspaikka ei vaadi suurempaa nostokorkeutta), koska vastaavansuuruinen nostokorkeus toimii hyvin myös Vehkakaipaleella.

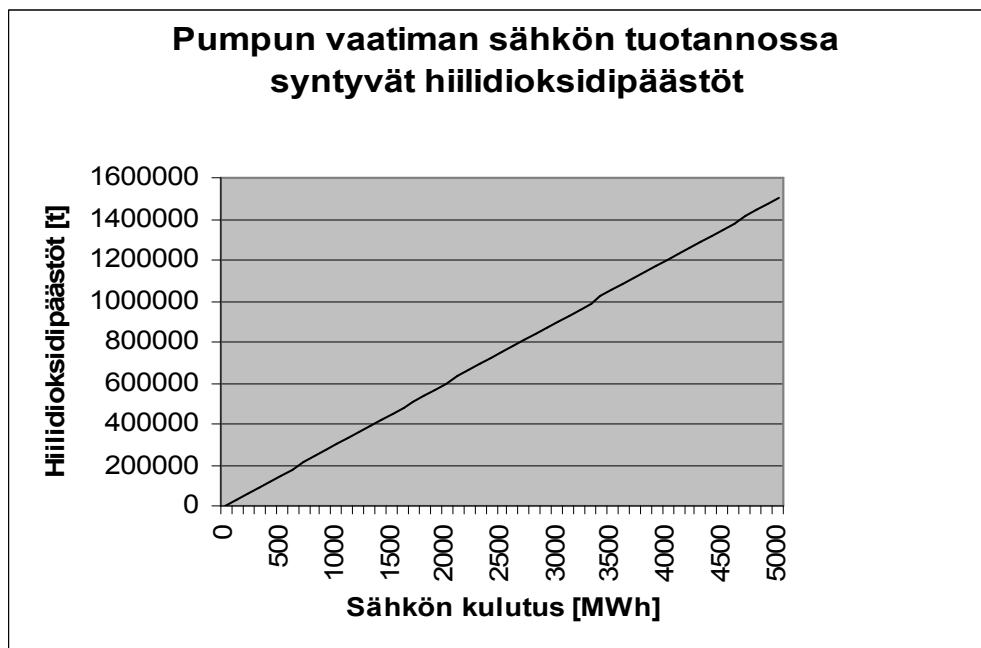
2.2.4 Sopivan pumppumallin valinta

Suuren kokoluokan potkuripumppuja, joissa virtaama olisi 10 – 20 m³/s ja nostokorkeus vain noin 0,10 metriä ei käytännössä ole valmiina saatavilla. Tästä syystä tulisi vakavasti pohtia vaihtoehtoa, jossa suunnitellaan ja rakennetaan juuri tarvittavaan käyttökohteeseen soveltuva pumppu. Tällöin kustannuksia aiheutuisi pumpun suunnittelusta, juoksupyörän muotista ja juoksupyörien valusta. Suuremmille potkuripumppuille voisi olla jatkossa kysyntää myös muissa vastaavissa hankkeissa, jolloin pumppujen valmistaminen voisi osoittautua taloudellisesti kannattavaksi. (Larjola, 2009 puhelinkeskustelu 10.6.2009.) Laskentaosiossa mitoitetaan kuhunkin sijoituspaikkaan parhaiten sopiva pumppu erikseen. Tarkastelussa vertaillaan yhden suuren pumpun käyttöä useamman pienemmän pumpun käyttöön. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että suuremmasta pumppukoosta olisi helpommin saatavilla kilpailukykyinen pumppu markkinoille, sillä kyseisellä sektorilla ei juuri kilpai-

lua ole. Räätelöidyn pumpun avulla päästään parempiin hyötysuhteisiin kuin markkina-pumpuilla, jolloin käyttökustannukset jäävät alhaisemmiksi.

2.2.5 Tuulivoiman hyödyntäminen pumpun energialähteenä

Pumppaamon käyttökustannuksia voitaisiin alentaa, mikäli tehtäisiin kertainvestointi pienen tuulivoimalaitoksen rakentamiseen, jolla voitaisiin tuottaa energiaa pumpun käyttöön. Pumppaustoiminta voitaisiin jaksottaa tällöin tuulisille päiville. Kertainvestoinnin toteuttaminen saattaisi olla helpompaa kuin monivuotisen rahoituksen järjestäminen pumpun energiakustannuksia varten. Tuulivoiman hyödyntäminen kunnostustoimenpiteissä olisi niin ikään mahdollisesti positiivinen vaihtoehto, sillä tällöin säästyttäisiin sähköntuotannosta aiheutuneilta hiilidioksidipäästöiltä. Seuraavassa kuvaajassa 8. on esitetty keskimääräisen Suomessa käytetyn sähkön tuotannossa syntyneiden hiilidioksidipäästöjen määrät vuodessa käytetystä sähkön määrästä riippuen. Laskennassa on käytetty sähköntuotannon ominaispäästökertoimenä $300 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$. (Helin 2009, yksityinen sähköpostiviesti)



Kuva 8. Hiilidioksidipäästöjen riippuvuus käytetystä sähkönmäärästä.

3 VIRTAUSOHJAUKSEN TOTEUTTAMISEN TARKASTELUMENETELMÄT

Virtausohjauksen toteuttamiseksi pumppaamon sijoituspaikalta vaaditaan mahdollisimman laajoja ja hyviä vaikutuksia vedenlaatuun, toiminnasta aiheutuvia mahdollisimman alhaisia riskejä, sekä mahdollisimman matalia kustannuksia. Kappaleessa 3.1 selvitetään pumppaamon vaikutuksista vedenlaatuun tehtävän arvioinnin perusteet. Kappaleessa 3.2 esitetään virtausohjauksesta aiheutuvien riskien tunnistamisessa huomioon otettavia seikkoja ja riskien arviointimenetelmiä. Kappaleessa 3.3 esitetään pumpun mitoituksessa ja kustannuslaskennassa käytettävät menetelmät.

3.1 Virtausohjauksen vaikutusten arviointi

Virtausohjauksen toteuttamisen tavoitteena on, että vedenlaatu saadaan mahdollisimman hyväksi mahdollisimman laajalla alueella. Tämän selvityksen puitteissa ei ole mahdollisuutta toteuttaa virtausmallinnusta vaikutusten selvittämiseksi ja puutteellisten kuormitus-tietojen vuoksi myöskään tarkkoihin laimennuslaskuihin perustuvaa laskentaa ei ole mahdollista toteuttaa. Tästä syystä arvioinnin on perustuttava subjektiiviseen menetelmään.

Arviointi menetelmäksi valitaan sovellettu QFD -menetelmä (Quality Function Deployment). Menetelmä on alun perin suunniteltu laadunhallintatyökaluksi, mutta Lappeenrannan teknillisen yliopiston tuotantotalouden koulutusohjelman Samuli Kortelaisen mukaan menetelmä soveltuu tämän kaltaiseen tilanteeseen, jossa arvioidaan subjektiivisia ominaisuuksia. (Kortelainen 2009, suullinen tiedonanto 9.4.2009.) QFD -menetelmässä voidaan arvioida erilaisia virtausohjauksen toteutusmahdollisuuksia keskenään. Arviointi voidaan toteuttaa erilaisten haasteiden suhteen. Tällöin jokaisessa sijoituspaikassa arvioidaan kutakin haastetta numeroasteikolla. Tällöin voidaan arvioida eri vaihtoehtoja eri haasteiden suhteen tai vertailla niiden kokonaispisteitä. Haluttaessa voidaan korostaa keskeisimpiä haasteita käyttämällä niiden kohdalla kertoimia.

Arviointiasteikoksi valitaan -3, -1, 0, +1, +3, jonka avulla voidaan ottaa huomioon negatiiviset, neutraalit ja positiiviset vaikutukset. Tämän lisäksi on korostettu merkittävää hyötyä tai haittaa. (Kortelainen 2009, suullinen tiedonanto 9.4.2009.) Asteikon selitykset ovat esitetty seuraavassa taulukossa 2.

Taulukko 2. Arviointiasteikko selityksineen

Asteikko	Selitys
-3	Merkittävä negatiivinen vaikutus
-1	Lievä negatiivinen vaikutus
0	Ei merkitystä
1	Lievä positiivinen merkitys
3	Merkittävä positiivinen merkitys

Arvioitaessa virtauksenohjausta QFD -menetelmällä, voidaan valita haasteiksi tarkasteltavan vesialueen eri osia, jolloin arvioidaan kunkin virtausohjauksen toteutusvaihtoehdon avulla vaikutuksia eri vesialueen osiin. Tällöin arvioinnin mukaan paras vaihtoehto on se vaihtoehto, joka saa korkeimmat kokonaispisteet vaikutustensa suhteen.

3.2 Järvien virtausohjauksesta syntyvien riskien tunnistamisessa huomiioon otettavia seikkoja

Järvien kunnostusta säätelevät yleisesti ottaen vesilaki, ympäristönsuojelulaki, luonnonsuojelulaki, maankäyttö- ja rakennuslaki sekä Euroopan unionin vesipuitelidirektiivi. Järvien kunnostustoiminnassa on keskeistä perehtyä lupakäytäntöihin, sillä niillä on usein merkittävä vaikutus hankkeen kustannuksiin ja aikatauluun. Ensisijaisesti luvantarve syntyy hankkeen ennakoitujen vaikutusten perusteella ja perustana on yleensä vesilaki ja jossain tapauksissa ympäristönsuojelulaki. (Ulvi 2005, 91.)

Yleisesti vesistönkunnostushankkeista johtuvia haittoja ovat Ulvin mukaan seuraavat:

- työn aikaiset samentumishaitat ruoppauksissa,
- vettymishaitta ja maa-alueen muuttaminen vesialueeksi vedenpinnan nosto hankkeissa,
- kulkuhaitta, kun padot estävät veneilyä ja kalan kulkemista,

- vesivoiman menetys, jos vesistön varastotilaa pienennetään ja
- haitat vedenlaatuun alapuolisessa vesistöissä, kun ravinteikasta ja vähähappista alusvettä johdetaan pois.

(Ulvi 2005, 94.)

3.2.1 Lainsäädännön pohjalta huomioon otettavia seikkoja

Tässä luvussa on käyty läpi vesistönkunnostushankkeita säätelevää lainsäädäntöä ja sen puitteissa on pyritty löytämään toimintaan sisältyviä riskejä ja huomioonotettavia asioita. Myöhemmin tässä luvussa läpikäytyjä riskejä ja rajoituksia tunnistetaan Pien-Saimaan alueella. Vesistönkunnostushankkeissa tyypillinen tilanne on yhteinen etu vastaan yksityinen etu, jolloin tulee punnita ovatko kunnostushankkeesta mahdollisesti saatavat hyödyt merkittävämpiä kuin yksityiseen tai yhteiseen etuun kohdistuvat riskit.

Vesilaki

Lähtökohtana vesirakentamisprojekteissa on vesilain noudattaminen. Vesilaissa on kuitenkin määritelty heikohkosti kunnostushankkeet ja kunnostuksesta saatavan hyödyn suhde haittoihin. Yleensä kaikki merkittävät vesistönkunnostushankkeet vaativat ympäristölupaviraston luvan. Vesilain 1 luvun 24-31 §:issa esitellään vesistön yleiskäyttöoikeudet ja toisen omistamaan alueeseen liittyvät oikeudet. Yleiskäyttöoikeudet eivät yksin oikeuta vesistön kunnostamiseen. Hankkeen vaikutuksien mukaan määräytyvä luvantarve perustuu usein vesilain 1 luvun 12-15 § sekä 19 §:ien kohtiin. Niissä esitetään mahdollisia seurauksia, joiden todennäköinen tapahtuminen johtaa luvantarpeeseen. Vesilain 1 luvun 19 § kielteä ryhtymästä ilman lupaa toimiin, jotka saattavat aiheuttaa vesistön pilaantumista. Samankaltainen kieltö löytyy ympäristönsuojelulain 28 §:n perusteella, joka kieltää myös vesistön pilaamisen. (Vesilaki 264/1961) Seuraavassa on esitetty vesilain 1 luvun 15 § mukaiset kiellot. Luvan mukaan ei saa

1) aiheuttaa vahinkoa tai haittaa toisen vesialueelle, kalastukselle, maalle, rakennukselle tai muulle omaisuudelle;

2) aiheuttaa tulvan vaaraa, yleistä vedenvähyttä tai vesiluonnon ja sen toiminnan vahingollista muuttumista;

3) melkoisesti vähentää luonnon kauneutta, ympäristön viihtyisyyttä, kulttuuriarvoja tai vesistön käyttökelpoisuutta vedenhankintaan tahi sen soveltuvuutta virkistyskäyttöön;

4) huonontaa vesistön puhdistautumiskykyä tai muuttaa valtaväylää tai vaikeuttaa yleisen kulku- tai uittoväylän käyttämistä;

5) aiheuttaa vaaraa terveydelle; taikka

6) muulla edellä mainittuun verrattavalla tavalla loukkaa yleistä etua (vesistön muuttamiskielto).

(Vesilaki 264/1961)

Mikäli lupa tarvitaan vesilain 1 luvun 12 - 15 tai 19 §:ien perusteella, luvan myöntää ympäristölupavirasto. Vesilain mukaista lupaa haetaan kirjelmällä, jossa otetaan soveltuvien osin huomioon vesiasetuksen 42 - 49 ja 52 - 60 §:ssä mainitut tiedot ja selvitykset. Hakemus ja sen liitteet jätetään kolmena kappaleena sille ympäristölupavirastolle, jonka toimialueella hanke sijaitsee eli tässä tapauksessa Itä-Suomen ympäristölupavirastoon. (Ulvi 2005, 94 – 95; Sinervä 2009, yksityinen sähköpostiviesti 25.3.2009.)

Kaikissa kunnostustoimenpiteissä pitää mahdollisuuksien mukaan noudattaa vesilain 2 luvun 3 §:ää, jonka mukaan hankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa on keskityttävä siihen, että tarpeetonta haittaa ei aiheudu. (Vesilaki 264/19619) Yleensä vesistönkunnostushankkeen toteuttaminen vaatii kunnostettavan ranta-alueen omistusoikeuden ja vesialueen osakkuuden tai omistamisen. Vesilain kannalta luvanhakijana voi toimia se, jolle aiheutuu hyötyä ja joka omistaa kiinteistön ja on yhteisen maa- ja vesialueen osaomistaja. Yleisperiaatteena kunnostushankkeiden luvan hakemisessa voidaan todeta, että hankkeesta pitää olla olennaisesti enemmän hyötyä kuin haittaa, jotta sille voidaan myöntää lupa. Haitaksi katsotaan vesilain mukaan myös sopimuksista aiheutuneet korvaukset. (Ulvi 2005, 93-94; Sinervä 2009, yksityinen sähköpostiviesti 25.3.2009.)

Vesilain 1 luvussa 24 § määritellään vesistöissä kulkemista koskevat asiat. Vesilain 1 luvun 12-14 §:ssä kielletään valtaväylän tukkiminen tai supistaminen. (Vesilaki 264/1961) Valtaväylät ovat reittejä, joissa on säännöllistä vesiliikennettä tai joita kalat käyttävät pääasiallisina kutureitteinään. (Ulvi 2005, 93.) Vesilain 1 luvun 15 § mukaisesti toiminta ei saa aiheuttaa vaaraa terveydelle.

Yleisesti ottaen voidaan ajatella, että mikäli hanke aiheuttaa haittaa joko yleiselle tai yksityiselle edulle, se aiheuttaa luvantarpeen. Yksityiseen tahoon kohdistuvan haitan lupavaatimus poistuu, mikäli ko. taho antaa kirjallisen suostumuksen toiminnalle. Yleistä etua koskevaa haittaa ei sen sijaan voida sopia, vaan aina tarvitaan lupa. Vesistöjen kunnostusprojekteihin liittyy yleensä erilaisia sopimuksia ja suostumuksia. Sopimukset ovat sitovampia kuin suostumukset. Suunnitteluvaiheen aikana pyritään sopimaan erilaisia asioita eri tahojen kanssa, kuten vahingoista ja korvauksista, mikä nopeuttaa lupakäsittelyä ja luvansaamista. Sopimuksilla sovitaan hankkeen toteuttamisen ehdoista ja mahdollisesta vahinkojen korvaamisesta. Sopimukseen on kirjattava kaikkia osapuolia koskevat velvollisuudet ja oikeudet. Suostumukset ovat yksipuolisia ja ne sitovat ainoastaan suostumuksen allekirjoittavaa tahoja. Suostumuksella kiinteistön omistaja voi antaa luvan omaan kiinteistönsä kohdistuvan toimenpiteen suorittamiseen. (Ulvi 2005, 94-95.)

Vesilain mukaista lupaa haettaessa tulisi olla selvillä erilaisista projektiin liittyvistä asioista. Liitteessä 1 on tehty listaus asioista, joita luvan hakeminen edellyttää ja joita lupahakemuksessa tulisi mainita. (Sinervä 2009, yksityinen sähköpostiviesti 25.3.2009.)

Euroopan unionin vesipuitedirektiivi

Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin tavoitteena on yhtenäistään vesiensuojelua EU:n alueella. Suomessa vesipuitedirektiivi toteutetaan joulukuussa 2004 hyväksytyillä lailla vesienhoidonjärjestämisestä sekä kolmella muulla lakimuutoksella. Vesipuitedirektiivin keskeisimmiksi tavoitteiksi on asetettu:

- estää vesiekosysteemien huononemista sekä suojella ja parantaa niiden tilaa
- edistää kestävää, vesivarojen pitkän ajan suojeluun perustuvaa vedenkäyttöä
- vähentää pohjavesien pilaantumista

- tehostaa vesiensuojelua pilaavien ja vaarallisten aineiden päästöjä vähentämällä (prioriteettiaineet)
- vähentää tulvien ja kuivuuden vaikutusta.

Direktiivin tarkoituksena on vaikuttaa osaltaan siihen, että:

- turvataan pinta- ja pohjavesien riittävä saanti
- suojellaan alue- ja merivesiä
- edistetään kansainvälisten sopimusten tavoitteiden saavuttamista meriä koskevat sopimukset mukaan lukien.

(Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2007. A; Ulvi 2005, 77.)

Vesistöissä on vähennettävä pilaavien aineiden aiheuttamaa pilaantumista. Voimakkaan ihmistoiminnan seurauksena ja keinotekoisesti muutetuissa vesistöissä on saavutettava hyvä kemiallinen tila ja hyvä ekologinen potentiaali vuoteen 2015 mennessä. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2007 A.) Vesipuitedirektiivin tavoitteiden voidaan katsoa jakautuvan kolmeen osaan. Ympäristötavoitteena direktiivissä on vesien hyvä ekologinen laatu eli toisin sanoen ne eivät saa poiketa paljon luonnontilasta. Vesiensuojelun ympäristötavoitteet tulee saavuttaa kustannustehokkaasti. Direktiivissä säädellään laadullisista ja määrällisistä määrärajoitteista, ja jäsenvaltiot saavat toimia omasta näkökulmastaan kustannustehokkaimmalla tavalla. Kolmantena tavoitteena vesipuitedirektiivissä on taata tavoitteiden saavuttaminen suuren yhteisön turvin. Keskeistä on siis tuntea tarkasteltavan vesistön luonnontila, jotta vesistöön voidaan kohdentaa oikeita suojelutoimia. (Rinta 2005, 2.)

Kaikissa jäsenmaissa, kuten Suomessa, on sopeuduttava uuteen vesipolitiikan puitedirektiiviin. Vesipuitedirektiivin myötä on pystytty luomaan yhtenäinen tapa hallinnoida vesistöjä, mutta sen onnistunut toimeenpano vaatii jäsenmailta hallinnolliset puitteet. Vesipuitedirektiivin myötä annettiin puitelaki vesienhoidon järjestämisestä. Tämä puitelaki on vesien suunnittelujärjestelmän perusta ja sen tarkoituksena on ennen muuta panna täytäntöön vesipolitiikan puitteissa annetun direktiivin keskeiset velvoitteet vesienhoidon järjestämiseksi. Siinä säädetään vesienhoitoalueista, ja niillä sijaitsevien ympäristökeskusten yhteistyöstä, kansainvälisestä yhteistyöstä, vesien tilaan vaikuttavien tekijöiden selvittämisestä,

vesien tilan yleisistä tavoitteista, vesien ominaispiirteiden tarkastelusta, luokittelusta, vesienhoidon suunnittelusta ja toimenpideohjelmista sekä kansallisesta osallistumisesta vesienhoidon järjestämiseen. (Rinta 2005, 3.)

Lailla ei suoranaisesti luoda velvoitteita kansalaisille tai toiminnanharjoittajille, vaan se luo ainoastaan puitteet vesienhoidolle. Ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö vastaavat lain seurannasta ja täytäntöönpanosta. Asiantuntija-, seuranta- ja määrittelytehtävistä vastaa Suomen ympäristökeskus. Lain konkreettinen toimeenpano on alueellisten ympäristökeskusten vastuulla. (Rinta 2005, 3-4.)

Direktiivi toteutetaan pitkälti sen mukaan laadittavan toimenpideohjelman toimenpiteiden mukaisesti. Toimenpiteiden tarve tulee aluksi kartoittaa, mikäli vesistöjen tavoitetilan saavuttaminen vuoteen 2015 mennessä vaatii toimenpiteitä. Selvittämällä vesistön nykytila ja tavoitetila, voidaan selvittää toimenpiteet, joilla tavoitetilaan päästään. Jotta vaadittujen toimenpiteiden toteuttaminen olisi mahdollista, tarvitaan uusia ohjauskeinoja, jotka ovat käytännössä muutoksia tai tehostamisia ympäristöpolitiikan ohjauskeinoihin. (Rinta 2005, 4.) Direktiivi luo hyvän pohjan vesistöjen kunnostushankkeille, mikäli kunnostustoiminta on sen kaltaista, että se tähtää järven luontaiseen tilaan. Luontaisesti rehevän vesistön tila voi olla hyvä, mikäli ihmistoiminta ei ole merkittävästi vaikuttanut vedenlaatuun. Tällaisen järven rehevyyden vähentäminen on periaatteessa direktiivin vastaista. (Ulvi 2005, 78.) Mikäli vesistön tila on direktiivin vaatimuksen mukainen, ei toimenpideohjelmaa tarvitse toteuttaa. (Rinta 2005, 4.)

Erilaisilla seurannoilla ja velvoitetarkkailuilla kerätään tietoja vesien nykyisestä ja pidempiaikaisesta tilasta sekä vedenlaadullisista kehityssuunnista. Seurantojen avulla saadaan lähinnä fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä. Näiden ja muutamien biologisten muuttujien avulla arvioidaan, kuinka paljon ihmistoiminnalla on ollut vaikutusta vesistöön verrattuna sen luontaiseen tilaan. Tämän jälkeen vesistön tila luokitellaan joko erinomaiseksi, hyväksi, tyydyttäväksi, välttäväksi tai huonoksi. Direktiivin asettama vaatimus vesistöjen hyvästä ekologiasta asettaa erityistä painoarvoa biologisille tekijöille. (Rinta 2005, 5.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki

Pumppauksen toteuttaminen vaatii pumppaamon rakentamisen. Kaikki uudet rakennelmat vaativat luvan, jonka myöntää paikallinen rakennusvalvontaviranomainen tai muun viranomaisen hyväksynnän. Eräisiin vähäisiin rakennushankkeisiin voidaan hakea toimenpide-lupa tai tehdä hankkeesta ilmoitus kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle. Rakentamisen edellytyksistä, tarvittavista luvista sekä lupamenettelystä saa tietoa kunnan rakennustarkastajalta. Kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle toimitetaan kirjallinen rakennuslupa- tai toimenpidelupahakemus. Rakennuslupahakijan täytyy olla rakennuspaikan omistaja tai hänen valtuuttamansa taho. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008 C.)

Lappeenrannan kaupungin rakennusvalvonnan lupatarkastaja Anssi Olkkosen mukaan Ranta-alueelle tuleva rakennus vaatii todennäköisesti alueellisen ympäristökeskuksen myöntämän poikkeusluvan ennen kuin rakennuslupaa voidaan myöntää. Poikkeusluvassa hyväksytään rakennuspaikka ja asetetaan mahdollisesti hankkeelle joitakin ehtoja, esimerkiksi tontille sijoittelusta ym. Lopulliset ohjeet luvan hakemiselle voidaan antaa vasta kun tiedetään hankkeen laajuus. (Olkkonen 2009, yksityinen sähköpostiviesti 15.4.2009.)

Uudisrakentaminen vaatii aina maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen luvan. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999) Lupaa voidaan hakea hakijan omistamalle tontille. Hakija voi olla yksityishenkilö tai yhteisö. Rakennuslupa on kirjallinen lupa ja se tulee lainvoimaiseksi kahden viikon kuluttua siitä, kun se on julkisesti kuulutettu. Rakennuslupapäätöksessä ilmoitetaan, mitä katselmuksia rakentamisen aikana tulee pyytää viranomaisilta ja mitä muita suunnitelmia ja lisäselvityksiä tarvitaan. Luvan käsitteleminen rakennusvalvonnassa kestää noin 2–4 viikkoa. (Lappeenrannan kaupunki 2009, 44.)

Rakennuslupahakemuksen liitteenä tulee esittää niin sanottuja pääpiirustuksia, joiden tarkat vaatimukset löytyvät Suomen Rakentamismääräyskokoelman osasta A2 ”Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat”. Rakennus- ja erityissuunnitelman laatijalla tulee olla rakennushankkeen laadun ja tehtävän vaativuuden edellyttämä koulutus ja kokemus. Vuonna 2000 voimaantulleen maankäyttö- ja rakennuslain myötä on naapurin kuulemissäännöksiä tiukennettu. Rakennuslupahakemuksen vireilletulosta on ilmoitettava naapurille. Rakennuslupahakemuksen vireilletulosta voidaan ilmoittaa naapurille viranomaisen tai hakijan toimesta, tiedottaminen voidaan järjestää rakennuspaikalla tai rakennuspaikalla toimitetta-

valla katselmuksella. (Lappeenrannan kaupunki 2009, 44 - 48; Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008 C.)

Lupahakemukseen tulee liittää suunnitelmat rakennus- ja sijaintitiedoista, sekä katu-, vesi- ja viemäri liittymistä, jotka tarkastetaan teknisen toimen lausuntakierroksella. Energiaselvityksen liitteenä on oltava pääsuunnittelijan antama energiatodistus, joka pääsuunnittelijan on varmennettava ennen rakennuksen käyttöönottoa. Energiaselvitys jätetään rakennuslupahakemuksen yhteydessä. (Lappeenrannan kaupunki 2009, 50 - 51.)

Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain keskeisenä tavoitteena on säädellä aineen, energian, melun, tärinän, säteilyn, valon, lämmön ja hajun päästämisestä tai jättämisestä ympäristöön, mistä voi aiheutua terveyshaittaa tai haittaa ympäristölle ja luonnolle. Tässä tapauksessa on kuitenkin enimmäkseen kyse aineen siirrosta. Tietyissä tapauksissa pumppulaitoksen aiheuttama melu saattaa täyttää ympäristönsuojelulain määritelmän mukaisen haitan. Pumppaamoraennus saattaa heikentää yleistä viihtyvyyttä ja kulttuuriarvoja tietyillä paikoilla. (Ympäristönsuojelulaki 86/2000)

Ympäristönsuojelulain mukaista ilmoitusvelvollisuutta melua aiheuttavasta toiminnasta ei ole, mikäli toiminnasta seuraa luvantarve, joka edellyttää ympäristöluvan. (Ympäristönsuojelulaki 86/2000)

Kuten edellä todettiin, saattaa ympäristönsuojelulain mukaisen luvan hakeminen tulla kysymykseen, mikäli hanke aiheuttaa ympäristönsuojelulain 28 § mukaisen vesistön pilaamisen. (Ulvi 2005, 94.) Tässä tapauksessa kyse saattaa olla tilapäisestä tai pitkäkestoisesta vesistötilan heikkenemisestä, mikäli ravinteikas vesi tai sinilevämassat kulkeutuvat pumppausvirtojen mukana aiemmin puhtaampina pysyneille vesialueille. Vaikutus kuitenkin jäänee tilapäiseksi ja korjaantuu, kun pumppaamista on jatkettu riittävän pitkään ja alueen ravinnepitoisuus on alentunut.

Luonnonsuojelulaki

Luonnonsuojelulaki (1997) nosti luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen kaiken suojelutoiminnan kulmakiveksi. Luonnon monimuotoisuudella tarkoitetaan eliöläjien runsautta,

niiden perintötekijöiden vaihtelua ja elinympäristöjen moninaisuutta. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2009 A.) Luonnonsuojelulain keskeisinä tavoitteina on

1. Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen
2. Luonnon kauneuden ja maisema-arvojen vaaliminen
3. Luonnonvarojen ja luonnonympäristön kestävä käytön tukeminen
4. Luonnon tuntemuksen ja yleisen luontoharrastuksen lisääminen
5. Luonnon tutkimuksen edistäminen

(Luonnonsuojelulaki 1096/1996)

Luonnonsuojelulaki säätelee luonnonsuojelualueita ja niillä tehtäviä toimia. Suomessa on valtioneuvosto hyväksynyt seitsemän luonnonsuojeluohjelmaa.

- Kansallis- ja luonnonpuisto-ohjelma
- Soiden suojeluohjelma
- Lintuvesien suojeluohjelma
- Harjujen suojeluohjelma
- Lehtojen suojeluohjelma
- Rantojen suojeluohjelma
- Vanhojen metsien suojeluohjelma

Näiden lisäksi erämaailloilla on perustettu erämaa-alueita ja koskiensuojelulla on suojeltu koskia ja pyritty turvaamaan Suomessa säilynyt virtavesiluonto. Tämän lisäksi koskien suojelulla pyritään parantamaan kalastoa ja turvaamaan koskien tarjoamia maisema-arvoja ja virkistyskäyttömahdollisuuksia. Valtion omistamilla mailla on lisäksi niin sanottuja säilytettäväksi varattuja luontoalueita. Valtaosa Suomen luonnonsuojelualueista kuuluu EU:n Natura 2000 -verkoston piiriin. (Ympäristöhallinto 2008 B.)

Natura 2000-verkosto

Euroopan unioni pyrkii pysäyttämään luonnon monimuotoisuuden vähenemisen alueellaan. Eräs keino monimuotoisuuden säilyttämiseksi on Natura 2000 -verkosto, jolla pyritään turvaamaan Euroopan unionin luontodirektiivissä määriteltyjen luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä. Jäsenmaat laativat listan luontodirektiivin mukaisista alueistaan, joita se ehdottaa Natura 2000 -verkostoon. EU:n komissio käy läpi jäsenmaiden laatimat luettelot

yhdessä Euroopan ympäristökeskuksen luontokeskuksen ja jäsenmaiden kanssa. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2009 B.)

Komissio tekee lopulliset päätökset Natura 2000 -verkostosta. Euroopan unionin alueet on jaettu erilaisiin vyöhykkeisiin ja vuoden 2008 aikana komissio on tehnyt lopulliset päätökset kaikkien vyöhykkeiden osalta. Vähäisiä täydennyksiä voidaan kuitenkin vielä tehdä lopullisiin luetteloihin, mutta muuten Natura 2000 -verkosto on lähes valmis. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2009 B.)

EU:n komission päätösten perusteella jäsenmaat laativat luontodirektiivin perusteella verkostoon mukaan otetut alueet erityisten suojelutoimien alueiksi. Näillä alueilla toteutetaan kyseisen luontotyypin ja lajien kannalta tärkeitä suojelutoimenpiteitä. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2009 B.)

Alueella, joka kuuluu Natura 2000 -verkostoon, on toteutettava suojelutavoitteita vastaava suojelu. Suojelua voidaan toteuttaa suojelukohteen tyypistä riippuen esimerkiksi luonnonsuojelulain, erämaalain, maa-aineslain, koskiensuojelulain ja metsälain mukaan. Suojelun toteutuskeino riippuu muun muassa siitä, millaiset toimet kullakin Natura-alueella ovat mahdollisia. Ne alueet, jotka vaativat voimakkainta rajoitusta tavanomaisen maankäytön suhteen kuuluvat Luonnonsuojelulain piiriin. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008 B.)

Natura-alueilla ei saa heikentää merkittävästi niitä luonnonarvoja, joiden vuoksi alue kuuluu Natura -verkostoon. Suojeluarvoa heikentävää toimintaa ei saa suorittaa myöskään varsinaisen suojelualueen rajojen ulkopuolella. Sellaiset hankkeet ja suunnitelmat, jotka saattavat yhdessä tai erikseen vaikuttaa Natura-alueen luonnonarvoihin, tulee viranomais-ten toimesta alistaa erityiseen vaikutusten arviointiin. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008 B.)

Valtioneuvosto voi kuitenkin myöntää poikkeusluvan Natura-alueen luontoarvoja heikentävälle toiminnalle tai hankkeella, mikäli se toteutetaan erityisen tärkeän yleisen edun kannalta pakottavasta syystä eikä vaihtoehtoista ratkaisua ole. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008 B.)

Muinaismuistolaki

Muinaisjäännöksiä suojellaan muistoina aikaisemmasta asutuksesta ja historiasta. Monet kiinteät muinaisjäännökset ovat huomattavia nähtävyyksiä ja opetuskohteita. Kiinteät muinaisjäännökset ovat Suomessa rauhoitettu muinaismuistolailla. Sen mukaan "Kiinteät muinaisjäännökset ovat rauhoitettuja muistoina Suomen aikaisemmasta asutuksesta ja historiasta. Ilman tämän lain nojalla annettua lupaa on kiinteän muinaisjäännöksen kaivaminen, peittäminen, muuttaminen, vahingoittaminen, poistaminen ja muu siihen kajoaminen kielletty". (Museovirasto 2007., Muinaismuistolaki 295/1963.)

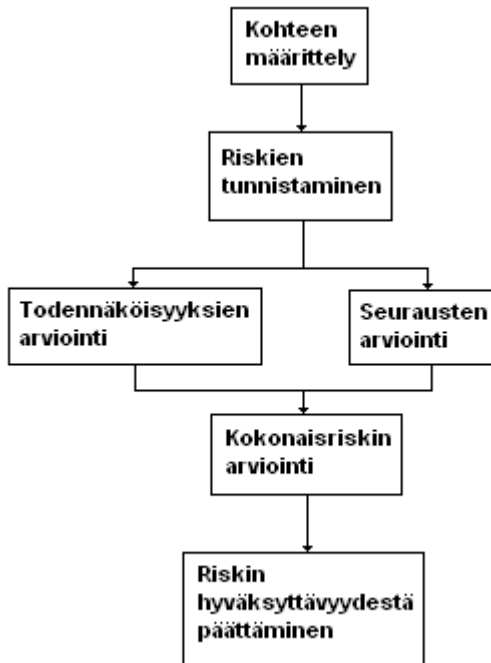
Muinaismuistolaki rauhoittaa automaattisesti ilman eri toimenpiteitä lain piiriin kuuluvat kiinteät muinaisjäännökset ja kieltää sellaiset toimenpiteet, jotka saattavat olla vaaraksi muinaisjäännöksen säilymiselle. Kiinteillä muinaisjäännöksillä ei ole ikärajaa. Laki koskee niin esihistoriallisia kuin historiallisiakin kohteita. Esihistoriallisen ajan kohteiden suojelusta vastaa Museoviraston arkeologian osasto ja historiallisen ajan kohteista Museoviraston rakennushistorian osasto, vedenalaisista kohteista arkeologian osastoon kuuluva meriarkeologian yksikkö. Museovirasto seuraa maankäytön suunnittelun vaikutuksia kiinteisiin muinaisjäännöksiin, antaa suojelua koskevia lausuntoja maanomistajille, kunnille, suunnittelijoille ja viranomaisille sekä organisoii ja valvoo suojelun edellyttämiä arkeologisia tutkimuksia. (Museovirasto 2007.)

Muinaismuistolaki määrää yleisen maankäyttöhankkeen tai kaavoituksen suunnittelijan selvittämään suunnitelman vaikutukset kiinteään muinaisjäännökseen. Lain mukaan yleisen tai suurehkon yksityisen työhankkeentoteuttajan on rahoitettava hankkeen aiheuttamat tutkimukset. (Museovirasto 2007.)

3.2.2 Riskien arvioinnissa ja hallinnassa käytettävät menetelmät

Riskien arviointi toteutetaan satunnaispäästöriskianalyysi (SARA) avulla. SARA on alun perin VTT:n kehittämä ympäristöriskianalyysimenetelmä häiriö- ja onnettomuustilanteissa mahdollisesti syntyvien satunnaispäästöjen tunnistamiseen ja arviointiin. (Wessberg & al. 2000, 44) SARA –menetelmä valittiin virtausohjauksesta aiheutuvien riskien arviointiin, koska menetelmällä voidaan arvioida erikseen riskin seurauksia ja todennäköisyyttä eri vaihtoehdoissa. Arvioinnin tuloksena saadaan kullekin riskille kussakin pumppaamovaih-

toehdossa luokitus, jonka avulla riskiin voidaan suhtautua. Satunnaispäästöriskianalyysi toteutetaan kuvassa 9 esitetyn kaavion mukaisesti.



Kuva 9. Riskienhallinnan toteuttamista kuvaava kaavio. (Wessberg & al. 2000, 41.)

Aluksi määritellään kohde, jossa riskejä tarkastellaan. Tämän jälkeen tunnistetaan, teoriaosiossa lainsäädännön avulla löydettyjä, potentiaalisia riskejä kohteesta. Löydettyjen riskien todennäköisyyttä ja seurauksia arvioidaan, minkä pohjalta riski luokitellaan. Tämän jälkeen voidaan suunnitella riskinhallintasuunnitelma. Riskinhallintasuunnitelman toteuttaminen vaatii yleensä riskinhallintakustannuksia, jotka otetaan huomioon kustannuslaskennassa.

Riskityypit ja niiden tunnistaminen

Riski voi kohdistua useisiin erilaisiin kohteisiin. Yleensä tämä ei ole yksiselitteistä, vaan riskit ja niiden vaikutuskohteet menevät osin lomittain. Riskejä voidaan karkeasti jakaa seuraavasti:

- Ympäristöriski. Ympäristöriski on riski, jonka toiminta aiheuttaa ympäristölle.
- Terveysriski. Terveysriski on riski, joka toiminnasta voi aiheutua ihmisille.

- Ekologinen riski. Ekologinen riski on riski, joka aiheutuu toiminnasta ja kohdistuu eliöihin ja niiden elinympäristöihin. Ekologiseksi riskiksi on luokiteltavissa myös sellainen riski, jonka toiminta aiheuttaa ihmisen virkistystoiminnalle tai muille toiminnoille.
- Hyvinvointiriski. Hyvinvointiriskillä tarkoitetaan riskiä, joka viittaa terveyttä ja elinympäristöä uhkaaviin tekijöihin sekä myös esteettisiin näkemyksiin ja arvokysymyksiin. Myös psykologinen riski voidaan luokitella hyvinvointiriskiksi.
- Taloudellinen riski. Taloudellisella riskillä tarkoitetaan toiminnan aiheuttamia taloudellisia menetelmiä.

(Wessberg & al. 2000, 36–37.)

Edellä esitettyä listaa voidaan käyttää apuna riskien tunnistamisessa, mutta tässä selvityksessä riskejä ei jaotella tarkemmin eri kategorioihin, sillä riskit menevät lomittain ja monilla riskeillä on useita erilaisia vaikutuskohteita, jolloin tarkka luokittelu ei ole tarkoituksenmukaista.

Riskiluokitukset

Kunkin riskin vaikutuksia ja todennäköisyyttä arvioidaan asteikolla 1-5. Vaikutusten ja todennäköisyyksien yhteistuloksena saadaan riskille luokitus taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3. riskien arviointi (Wessberg & al. 2000, 85, 87.)

	Todennäköisyys				
Seuraukset	1 Erittäin epätodennäköinen	2 Hyvin epätodennäköinen	3 Epätodennäköinen	4 Mahdollinen	5 Todennäköinen
1 Mitättömät	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen
2 Pienehköt	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen
3 Kohtalaiset	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen
4 Huomattavat	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Merkittävä
5 Vakavat	Kohtalainen	Kohtalainen	Merkittävä	Merkittävä	Merkittävä

	Riski on merkittävä
	Riski on kohtalainen
	Riski on vähäinen

Luokittelun mukaisesti vähäiset riskit eivät tarvitse toimenpiteitä, vaan ko. riskejä tarkkailaan toiminnan aikana, ja mikäli niiden todennäköisyys tai seuraukset muuttuvat, voidaan riskinhallintatoimia pohtia uudelleen. Vähäiset riskit ovat usein lyhytkestoisia ja ohimeneviä. Kohtalaiset riskit ovat sellaisia, jotka vaativat toimia, joko riskin vaikutusten tai todennäköisyyden pienentämiseksi. Nämä riskit tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Kohtalaiset riskit ovat yleensä pidempikestoisia mutta ohimeneviä. Merkittävät riskit ovat sellaisia, joiden riskiluokitusta tulisi saada erilaisilla toimenpiteillä pienennetyksi, ennen kuin toiminta voidaan aloittaa. Merkittävät riskit ovat seurauksiltaan pysyviä tai erittäin pitkäkestoisia. (Wessberg & al. 2000, 85, 87; Murtonen 2000, 8.)

Riskien hallintatapoja

Riskin luokitus aiheuttaa tiettyjä toimenpiteitä, joiden avulla riskiä voidaan käsitellä. Seuraavassa taulukossa 4. on esitetty riskin luokituksen mukaisia toimenpiteitä, joihin tulee ryhtyä riskiarvioinnin jälkeen.

Taulukko 4. Riskin luokituksen aiheuttamat toimenpiteet. (Wessberg & al. 2000, 89.)

Riskiluokka	Selitys	Jatkotoimenpiteet
Merkittävä	Riskin todennäköisyys ja seuraukset ovat suuret	Toimenpide-ehdotukset riskin ennaltaehkäisyksi ja mahdollisten seurausten rajoittamiseksi. Toteutus mahdollisimman pian.
Kohtalainen	Riskin todennäköisyys suuri mutta seuraukset pienehköjä TAI päästön todennäköisyys pieni vaikkakin seuraukset suuret	Toimenpide-ehdotukset riskin ennaltaehkäisyksi ja mahdollisten seurausten rajoittamiseksi. Toteutus lähivuosien aikana.
Vähäinen	Riskin todennäköisyys pieni ja seuraukset vähäiset	Päästövaara ei edellytä erityisiä jatkotoimenpiteitä, vaan riskiä pienennetään toiminnan jatkuvan parantamisen osana

Riskien hallinnassa perusolettamuksena on, että ns. nollariskiä ei ole. Riskien hallinnalla tarkoitetaan sitä, että olemassa olevaa riskiä pyritään pienentämään. Riskien hallinnasta aiheutuu yleensä kustannuksia. Riskien hallintaan on olemassa erilaisia keinoja, joita on selostettu seuraavassa.

- Riskien välttäminen. Riskejä voidaan välttää tunnistamalla vaaroja ja välttämällä sellaisia asioita, joista vaaroja aiheutuu.
- Riskien pienentäminen. Riskejä voidaan pienentää erilaisilla menetelmillä, joissa varaudutaan toteutuvaan riskiin pienentämällä sen vaikutuksia ja pienentämällä riskin todennäköisyyttä.
- Riskien siirtäminen. Riskien siirtämisellä tarkoitetaan riskin aiheuttavan toiminnon siirtämistä muille toimijoille tai vakuuttamalla toiminta riskiä vastaan.
- Riskin ottaminen. Mikäli riski todetaan pieneksi ja sen seuraukset pieniksi, voidaan riski ottaa, jolloin riskille ei varsinaisesti tehdä mitään, vaan hyväksytään mahdollisuus, että riski toteutuu.

(Wessberg & al. 2000, 37-38.)

3.3 Ravinnetasojen muutoslaskennassa, pumpun mitoittamisessa ja kustannuslaskennassa käytettävät menetelmät

Tässä luvussa käydään läpi laskennassa käytettävää teoriaa ja yhtälöitä. Aluksi käydään läpi pumpun mitoitus ja siihen liittyvä laskenta, tämän jälkeen käydään läpi avokanavavirtaus ja vesiturbiinilaskenta ja lopuksi kustannuslaskennan periaatteita.

Laimennuslaskenta

Massataseajattelun mukaisesti voidaan laskea halutun partikkelin massan muutos altaassa seuraavasti

$$m_{\text{accumulation}} = m_{\text{in}} - m_{\text{out}} + m_{\text{generation}} \quad (1)$$

,missä

$m_{\text{accumulation}}$	on massan kokonaismäärän muutos [g]
m_{in}	on massan lisäys [g]
m_{out}	on poistuva massa [g]
$m_{\text{generation}}$	on syntyvä massa [g]

(Metcalf & al. 2003, 223)

Sekoittuneessa altaassa voidaan muutos laskea pitoisuuden ja tilavuuden avulla. Saadaan

$$\frac{dc}{dt}V = q_{V,\text{in}}c_{\text{in}} - q_{V,\text{out}}c_{\text{in}} + r_cV \quad (2)$$

,missä

c	on pitoisuus [g/m ³]
V	on tilavuus [m ³]
$q_{V,\text{in}}$	on virtaama [m ³ /s]
r	on muodostuva pitoisuus aikayksikössä [g/sm ³]

(Metcalf & al. 2003, 224-225)

3.3.1 Pumpun mitoitus

Lähtötiedot

Tässä selvityksessä pumpattava neste on järvivettä, joten laskennassa voidaan käyttää veden ominaisuuksille (tiheys ja viskositeetti) seuraavia taulukkoarvoja:

$$\begin{aligned} \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 && \text{veden tiheys} \\ \mu &= 0,001 \text{ kg/ms} && \text{veden viskositeetti} \end{aligned}$$

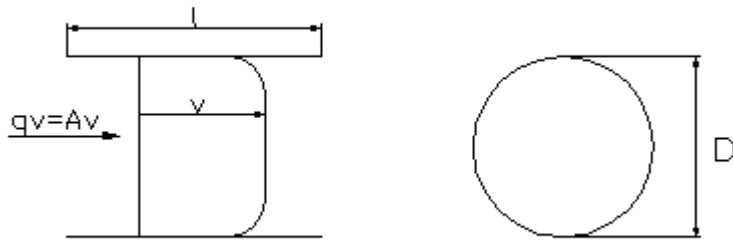
(Maol-taulukot 1998, 76–77)

Pumppua mitoitettaessa tarvitaan tiettyjä alkuarvoja, joiden pohjalta mitoittaminen voidaan toteuttaa. Seuraavassa taulukossa 5. on esitetty mitoituksen kannalta keskeisiä lähtötietoja, jotka pitää olla tiedossa.

Taulukko 5. Pumpun mitoituksen kannalta keskeisiä lähtötietoja.

Suure	Symboli	Yksikkö
Tilavuusvirta	q_V	[m ³ /s]
Nostokorkeus	H	[m]
Virtausputken pituus	l	[m]
Virtausputken halkaisija	D_{putki}	[m]
Pumpun rungon halkaisija	D_{runko}	[m]
Putken pinnan karheus	ε	[mm]
Sisäänvirtaushäviökerroin	$K_{\text{sisään}}$	[-]
Ulosvirtaushäviökerroin	K_{ulos}	[-]

Tilavuusvirta q_V kuvaa pumpattavan veden tilavuutta aikayksikköä kohti. Nostokorkeus H kuvaa joko korkeutta pumpusta katsottuna, johon pumppu nostaa veden, tai paineenlisäystä vastaavaa korkeutta. Virtausputken pituus l kuvaa pumpun putkiston kokonaispituutta ja virtausputken halkaisija D_{putki} kuvaa putken sisähalkaisijaa. Pinnan karheus ε riippuu käytettävästä putkimateriaalista ja kuvaa putken pinnan epätasaisuutta. Sisään- ja ulosvirtaushäviökertoimet ($K_{\text{sisään}}$ ja K_{ulos}) kuvaavat putken tulossa ja lähdössä syntyviä painehäviöitä, jotka johtuvat virtausvastuksista ja syntyvistä pyörteistä. Tässä selvityksessä tulon ja lähdön virtaushäviöitä pyritään minimoimaan käyttämällä diffuusoreita, jotka estävät haitallisten pyörteiden syntymistä ja pienentävät näin ollen häviöitä.



Kuva 10. Putkeen liittyvät mitat

Virtausnopeus

Virtausnopeus saadaan yleisesti laskettua virtausmäärän ja virtauspoikkipinta-alan suhteesta

$$w = \frac{q_V}{A} \quad (3)$$

,missä

$$w \quad \text{on virtausnopeus [m/s]}$$

$$A \quad \text{on virtauspoikkipinta-ala [m}^2\text{]}$$

Virtausnopeus putkessa saadaan laskettua yhtälöstä

$$w_{\text{putki}} = \frac{q_V}{A} = \frac{q_V}{\pi \cdot \left(\frac{D_{\text{putki}}}{2}\right)^2}$$

Virtauksen tyyppi

Reynoldsin luvun Re avulla voidaan selvittää onko virtaus putkessa laminaaria vai turbulencia. Reynoldsin luku saadaan laskettua yhtälöstä

$$Re = \frac{\rho w D}{\mu} \quad (4)$$

Reynoldsin luvun ollessa alle 2320 on virtaus ympyräputkessa laminaaria, ja turbulencia kun Reynoldsin luku on yli 4000. (Wirzenius 1977, 28.) Veden virtaus putkessa voidaan tässä tapauksessa olettaa turbulentiksi, sillä virtausmäärät ja putken koko ovat kohtalaisen

suuria. Tällöin nopeusjakauma putkessa on tasaisempi kuin laminaarissa virtauksessa. Virtausnopeus pienenee kohti nollaa vasta aivan putken seinämien lähellä. Koska suurin osa nesteestä virtaa melko tasaisella nopeudella putken läpi, vaikuttaa virtausta vastustava voima lähinnä seinämien lähellä. (Wirzenius 1977, 33.)

Paine-erot

Käsiteltäessä karheita putkia laskennassa, seinän karheus otetaan yleensä huomioon siten, että vastuskerroin määritetään riippuvaiseksi seinän suhteellisesta karheudesta. Suhteellinen karheus χ lasketaan seinämän karheuden eli seinämän epätasaisuuksien keskiarvon suhteesta putken sisähalkaisijaan.

$$\chi = \frac{\varepsilon}{D_{\text{putki}}} \quad (5)$$

(Wirzenius 1977, 35.)

Virtausputkessa syntyvän pintakitkan aiheuttaman painehäviön laskennassa tarvitaan karheuskerroin f . Karheuskerroin voidaan lukea Moodyn käyrästä Reynoldsin luvun ja virtausputken suhteellisen karheuden avulla yhtälöstä

$$f(Re, \frac{\varepsilon}{D_{\text{putki}}}) \quad (6)$$

tai iteroimalla Colebrookin yhtälöllä

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,4} + \frac{2,51}{Re_d f^{1/2}} \right) \quad (7)$$

(White 2003, 365.)

Ratkaistaan yhtälöstä f . Saadaan

$$f = \left(\frac{-0,5}{\log \left(\frac{\varepsilon / D}{3,4} + \frac{2,51}{Re_f f^{1/2}} \right)} \right)^2$$

Pumppaamossa syntyy painehäviöitä pääasiassa kolmella eri tavalla. Tulo- ja lähtövirtauksessa aiheutuu painehäviöitä pyörteistä, pintakitkapainehäviöt syntyvät virtaavan nesteen ja putkenpinnan välillä sekä nostokorkeudesta aiheutuu painehäviö, joka syntyy kun vettä nostetaan korkeampaan potentiaalienergiatasoon.

Tulo- ja lähtövirtauksesta aiheutuva paine-ero voidaan laskea kertavastusten avulla. Oletetaan, että muita kertavastuksia ei muodostu, koska käytetään yhtä suoraa putkea.

$$\Delta p_{\text{loss, kertavastukset}} = \Sigma K \cdot \frac{1}{2} \rho w_{\text{putki}}^2 \quad (8)$$

Kertavastuksille voidaan valita arvot taulukoista putkiston mukaan. Seuraavassa taulukossa 6. on esitetty kertavastuksia eri komponenteille.

Taulukko 6. Eri putkikomponenttien kertavastuksia (Larjola, 2009, puhelintiedonanto 10.6.2009.)

Komponentti	Kertavastus K [-]
Suora putkenpää sisääntulossa	0,8-1
Diffuusori tulossa	0,05
Diffuusori lähdössä	0,5
Kapea ritiläinen välppä ja diffuusori tulossa	0,5

Pintakitkasta aiheutuva paine-ero voidaan laskea yhtälöstä

$$\Delta p_{\text{loss, pintakitka}} = f \frac{l}{D_{\text{putki}}} \cdot \frac{1}{2} \rho w_{\text{putki}}^2 \quad (9)$$

Nostokorkeudesta johtuva paine-ero

$$\Delta p_{\text{loss,nostokorkeus}} = \rho g H \quad (10)$$

,missä

g on putouskiihtyvyyys $9,81 \text{ m/s}^2$

Kokonaispaine-ero saadaan yhtälöstä

$$\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_{\text{lossa,kertavastukset}} + \Delta p_{\text{loss,pintakitka}} + \Delta p_{\text{loss,nostokorkeus}} \quad (11)$$

Pumpun mitoituksessa käytettävien tunnuslukujen laskenta on esitetty liitteessä V.

Teho

Toimiakseen pumppu vaatii käytettävästä koneesta saatavan tehon P [W]. Osa siirretystä tehosta kuluu pumpun erilaisiin häviöihin ja loppuosa kuluu veden siirtämiseen sekä paineen lisäykseen. Ilman häviöitä nesteen siirtämiseen tarvitaan teho

$$P = \rho g q_v H \quad (12)$$

Sähkötehon laskemiseksi täytyy tuntea pumpun ja moottorin hyötysuhteet. Käytetään laskennassa seuraavia hyötysuhteita.

Taulukko 7. Laskennassa käytettävät hyötysuhteet moottorille ja pumpulle (Larjola 2009, puhelinkeskustelu 10.6.2009)

Suure	Symboli	Hyötysuhde
Moottorin hyötysuhde	η_{moottori}	0,9
Pumpun hyötysuhde ($q_v = 1...5 \text{ m}^3/\text{s}$)	η_{pumppu}	0,75
Pumpun hyötysuhde ($q_v = 5...20 \text{ m}^3/\text{s}$)	η_{pumppu}	0,8

Sähköteho saadaan laskettua tilavuusvirran, kokonaispainehäviön ja kokonaishyötysuhteen avulla

$$P_{\text{sähkö}} = \frac{q_v \cdot \Delta p_{\text{tot}}}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{q_v \cdot \Delta p_{\text{tot}}}{\eta_{\text{moottori}} \cdot \eta_{\text{pumppu}}} \quad (13)$$

Tarvittavan sähkötehon avulla voidaan laskea moottorin vääntömomentti M [Nm]. Pyörimisnopeus n ilmoitetaan radiaaneina.

$$M = \frac{P_{\text{sähkö}}}{n} \quad (14)$$

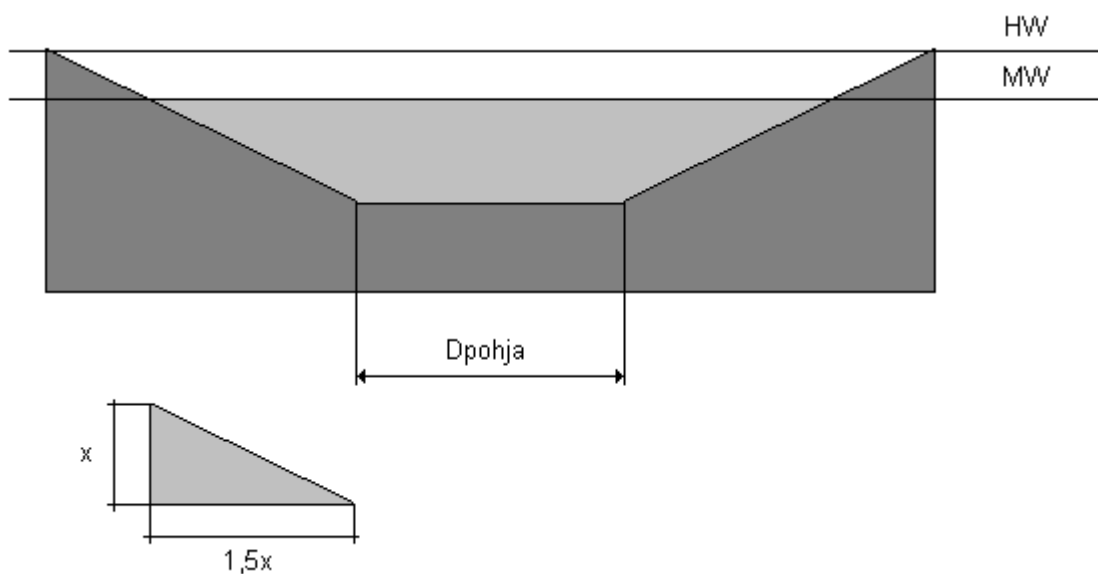
Vuotuinen sähkökäyttö P_{vuodessa} [MWh] voidaan laskea yhtälöstä

$$P_{\text{vuodessa}} = \frac{P_{\text{sähkö}}}{1000000} \cdot 6760 \text{ h} \quad (15)$$

Käytetään kustannuslaskennassa sähkön hinnalle arvoa 100 €/MWh.

3.3.2 Avokanavavirtaus

Avokanavavirtaus käyttäytyy hieman eri tavoin kuin putkivirtaus, koska virtaukseen ei vaikuteta ylhäältäpäin. Avokanavavirtauksessa poikkileikkaukseltaan tietyn mallinen kanava on asetettu α ja tällöin siihen saadaan tietyn suuruinen virtaus. Tässä tapauksessa pumpulla nostetaan vettä nostokorkeuden H verran. Vesi valuu kanavaa pitkin takaisin lähtökorkeuteen. Virtaukseen kanavassa vaikuttaa kanavan virtauspoikkipinta-ala, kanavan laskukulma ja rakennemateriaali. (White 2003, 697–698.) Seuraavassa on esitetty kuvan 10 mallisen avokanavan laskenta



Kuva 10. Avokanavan mitat (White 2003, 698.)

Lasketaan aluksi avokanavan leikkauksen pinta-ala A [m²]. Kanavan poikkipinta-ala saadaan laskettua pohjan leveyden D_{pohja} ja kanavan veden pinnankorkeuden x , normaalin vedenpinnankorkeuden aikaan, avulla. Kanavan seinät on rakennettu 1:1,5 viisteillä. Kanavan virtauspoikkileikkauksen pinta-alaksi saadaan suorakaiteen muotoisen osan ja kahden suorakulmaisen kolmion avulla

$$A_{\text{kanava}} = D_{\text{pohja}} \cdot x + 2 \cdot \frac{x \cdot 1,5x}{2} \quad (16)$$

Lasketaan kanavan leikkauksen märkäpiiri U_{wet} [m], eli niiden kanavan poikkileikkauksen sivujen yhteispituus, jotka ovat kosketuksissa veden kanssa.

$$U_{\text{wet}} = D_{\text{pohja}} + 2 \cdot \sqrt{(x^2 + (1,5x)^2)} \quad (17)$$

(White 2003, 694.)

Seuraavaksi lasketaan kanavan hydraulinen säde R_h [m], joka on kanavan poikkipinta-alan suhde märkäpiiriin.

$$R_h = \frac{A}{U_{\text{wet}}} \quad (18)$$

(White 2003, 692.)

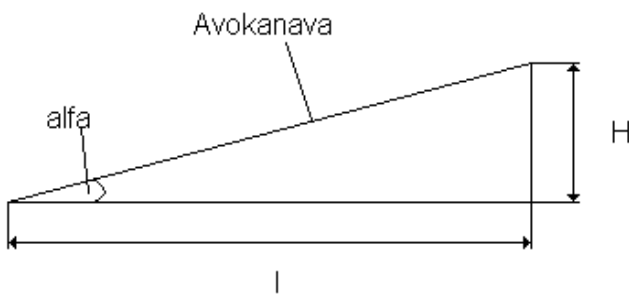
Virtausnopeuden laskemiseksi täytyy selvittää taulukoista kanavan materiaalin pinnankarheus n . Pinnankarheus parametrille on esitetty arvoja seuraavassa taulukossa 8.

Taulukko 8. Pinnankarheuden arvoja eri kanavamateriaaleilla. (White 2003, 699.)

Kanavan materiaali	n
Viimeistelemätön betoni	0,014 ± 0,002
Tiilet	0,015 ± 0,002
Asfaltti	0,016 ± 0,003
Kaivettu puhdas maakanava	0,022 ± 0,004
Kaivettu sorakanava	0,025 ± 0,005
Kaivettu kivinen tai louhikkoinen kanava	0,035 ± 0,010
Siisti luonnon kanava	0,030 ± 0,005
Epätasainen luonnollinen kanava (syviä altaita)	0,040 ± 0,010
Luonnolliset jokiuomat	0,035 ± 0,010

Tarvittava kanavan pituus (tai kulma) saadaan lasketuksi pumpun nostokorkeuden ja kanavan kulman avulla. Pumppu nostaa veden korkeuteen H , josta se laskee kanavaa pitkin kulmassa α . Tällöin kanavan pituus l_{kanava} [m] saadaan laskettua suorakulmaisen kolmion avulla.

$$\tan \alpha = \frac{H}{l_{\text{kanava}}} \quad (19)$$

**Kuva 11.** Kanavan kulman laskeminen

Tämän jälkeen voidaan laskea avokanavassa kulkevan virtauksen virtausnopeus v

$$w_{\text{kanava}} = \frac{1,0}{n} \cdot (R_h)^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \quad (20)$$

,missä

S_0 on $\tan \alpha$.

(White 2003, 699.)

Avokanavassa kulkeva virtausmäärä Q [m^3/s] saadaan laskettua virtausnopeuden w_{kanava} ja virtauspoikkipinta-alan A tulona

$$Q = w_{\text{kanava}} \cdot A \quad (21)$$

(White 2003, 700.)

Avokanavan mitoittaminen toteutetaan siten, että pyritään löytämään kanavalle sopivat mitat, jotta siinä saadaan haluttu virtaus kulkemaan noin 1 m/s nopeudella. Mittojen valinnassa tavoitteena on päästä kaivamiskustannuksiltaan mahdollisimman edulliseen ratkaisuun.

3.3.3 Kustannuslaskenta

Laskettaessa eri vaihtoehtojen kokonaiskustannuksia täytyy, vuosittaiset kustannukset laskea yhteen investointivaiheen kustannusten kanssa, vertailun helpottamiseksi. Investointivaiheen kustannukset, kuten laitteen investointikustannukset, maansiirtotyöt, padot, sulut ja asennuskustannukset muodostuvat vain toiminnan alkaessa. Käytönaikaisia kustannuksia ovat sähkökustannukset, huolto-, käyttö- ja kunnossapitokustannukset. Oletetaan, että vuosittaiset kustannukset ovat laskennallisesti samansuuruisia. Todellisuudessa vuosittaiset kustannukset vaihtelevat ilmaantuvan kunnostustarpeen, häiriöiden ja käyttöajan mukaan. Vuosittaiset kustannukset voidaan laskea diskonttausmenetelmällä vastaamaan nykyhetkeä, kun tiedetään käyttöaika ja laskentakorko. Valitaan laskentakoroksi 5 % ja käyttöajaksi 20 vuotta. Jaksollisten suoritusten nykyarvo saadaan yhtälöstä

$$V_0 = a_{n/i} \cdot S \quad (22)$$

,missä

V_0	on jaksollisten suoritusten nykyarvo [€]
$a_{n/i}$	on jaksollisten maksujen nykyarvotekijä [-]
S	on yhden vuoden nettotuotto [€]

(Haverila & al. 2005, 203.)

Jaksollisten maksujen nykyarvotekijä voidaan laskea käytetyn laskentakoron ja käyttöajan avulla seuraavasti

$$a_{n/i} = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (23)$$

,missä

n on käyttöaika [a]

i on laskentakorko [-]

(Haverila & al. 2005, 203.)

Kokonaiskustannukset saadaan laskemalla yhteen jaksollisten suoritusten nykyarvo ja investointivaiheen kustannukset.

$$\text{kokonaiskustannukset} = I + V_0 \quad (24)$$

,missä

I on investointikustannukset [€]

4 PERUSTIEDOT JA TUNNETUT VIRTAUKSET PIEN-SAIMAALLA

4.1 Alueen kuvaus

Tässä luvussa esitetään Pien-Saimaan perustietoja, alueen kuvausta ja vedenlaadussa ilmenneitä ongelmia.

4.1.1 Perustiedot

Saimaa on Suomen suurin järvi ja Euroopan kolmanneksi suurin järvi. Saimaa laskee Vuoksen vesistöä pitkin Laatokkaan, josta vesi valuu Nevajokea pitkin Suomenlahteen. Pien-Saimaa erottuu Suur-Saimaasta erilliseksi vesistöaltaaksi, joka on yhteydessä Suur-Saimaaseen lähinnä Hyötiönsaaren pohjois- ja eteläpuolella, sekä Vehkataipaleella. (Maanmittauslaitos 2009.) Pien-Saimaan valuma-alueen pinta-ala on noin 318 km². (Niskanen & al. 2005, 4)

Pien-Saimaalta voidaan erottaa vesistöalueeksi läntinen Pien-Saimaa, joka kaakossa rajoittuu Pappilansalmeen, koillisessa Taipalsaaren, etelässä ja lounaassa Lappeenrannan kaupunkiin, lännessä Lemin kuntaan ja luoteessa Savitaipaleen kuntaan. Itäinen Pien-Saimaa on Pappilansalmen itäpuolinen osa Pien-Saimaata. Pien-Saimaasta ei laske, eikä siihen laske, yhtään jokia. Läntisen Pien-Saimaan vesipinta-ala on noin 122 km², vesistön keskisyvyys on noin 4,7 m ja vesialueen tilavuus on noin 0,575 km³. Itäisen Pien-Saimaan vastaavat tiedot ovat 40 km², 5,4 m ja 0,200 km³. (Laine 2001, 23.)

Luontaiset salmet ovat kaventuneet pääasiassa Lappeenrannan ja Taipalsaaren välisen patotien rakentamisen seurauksena. Tästä syystä läntisen Pien-Saimaan länsiosista muodostuu melko erillinen vesistö, jonka veden luontainen vaihtuminen on erityisen hidasta. (Heikka 2006, 27.) Läntinen Pien-Saimaa muodostuu muutamasta kymmenestä toisistaan eroteltavasta selkääalueesta, jotka ovat vesistötyypiltään sekä karuja, että reheviä. (Etelä-Karjalan kalatalouskeskus 2001, 5.) Pääselät ovat Vehkasalonselkä, Sunisenselkä ja Riu-tanselkä. Läntisen Pien-Saimaan vedet ovat peruslaadultaan kirkkaita vesiä. Lavikanlahdella ja Maavedellä vesi on matalaa ja tummempaa sekä sen ravinnepitoisuus korkeampi kuin

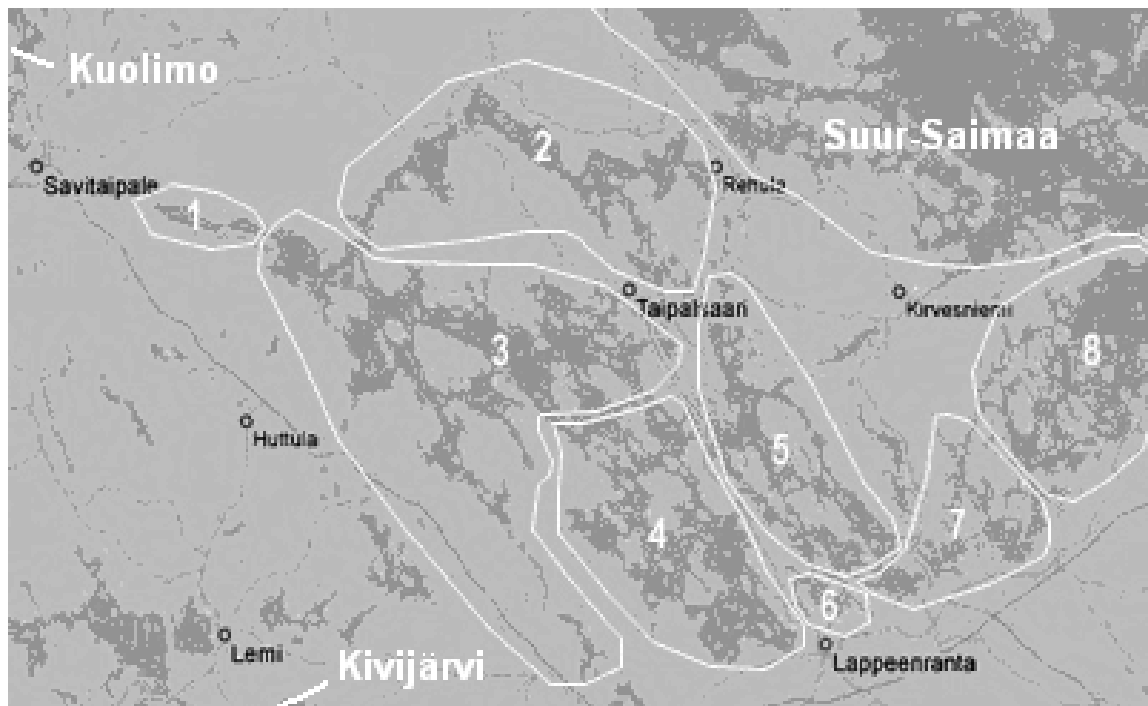
vesistön muissa osissa. (Laine 2001, 23.) Pien-Saimaan itäosien vedet ovat hieman läntisiä osia tummempia, mutta kirkkaita ja karuja vesiä. Eri alueiden veden laatu on vaihdellut viime aikoina välttävän ja hyvän välillä. (Etelä-Karjalan kalatalouskeskus ry.)

Vesistön kuormitus koostuu useista lähteistä läntisellä Pien-Saimaalla. Maa- ja metsätalous sekä haja-asutus aiheuttavat tasaisen kuormituksen. Vuoteen 1992 asti Taipalsaaren jätevedet laskettiin Saimaanharjun kohdalla Pien-Saimaaseen. UPM-Kymmene Oyj:n tuotantolaitos Lappeenrannassa on suurin yksittäinen ympäristön kuormittaja. Laitoksen vaikutus Pien-Saimaan läntisiin osiin on kuitenkin vähäinen, sillä Vehkataipaleen pumppaamo kierättää tehtaiden edustan vesiä kohti Suur-Saimaata, pois Pien-Saimaalta. Läntisellä Pien-Saimaalla merkittävä pistekuormittaja on VAPOn Suursuon turvetuotantoalue, jossa syntyneet valumavedet on laskettu yli kolmenkymmenen vuoden ajan Maaveteen. (Heikka 2006, 27.) Itäisellä puolella Pien-Saimaata valuma-alueen pinta-ala on vain hieman vesialueen pinta-alaa suurempi ja hajakuormituksen merkitys vesistöön vähäinen. Vedenlaadun määrää täysin UPM-Kymmene Oyj Kaukaan tehtaiden jätevesikuorma ja vesien sekoittuminen pumppauksen ja luontaisen virtaaman ansiosta. Alueen itäosaan vaikuttavat ajoittain myös Metsä Botnia Oy Joutseno Pulpin jätevedet. (Laine 2001, 24.) Vedenpinnan korkeusvaihteluista johtuvilla rantahuuhtoumilla saattaa myös olla merkitystä Pien-Saimaan vedenlaatuun. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009.)

4.1.2 Läntisen Pien-Saimaan eri osien ominaisuudet

Vedenlaadultaan läntisen Pien-Saimaan eri osien ominaisuudet poikkeavat toisistaan. Läntisestä Pien-Saimaasta voidaan erottaa kaksi hydrologisesti erillistä aluetta, joiden jakajana toimii Lappeenrannan ja Taipalsaaren kirkonkylän välinen pengertie. Hydrologisen erilaisuuden lisäksi myös ravinnepitoisuudet poikkeavat toisistaan näillä alueilla. (Heikka 2006, 26.) Kaikkein heikointa vedenlaatu on ollut Lavikanlahdella. Talven 2008 – 2009 runsas jäänalainen sinileväkukinta ei kuitenkaan yllättäen rasittanut Lavikanlahtea. (Saukkonen 2009. B) Lavikanlahden jälkeen vedenlaadullisesti huonoimpia alueita ovat Maavesi, Riutanselkä ja Koneenselkä. Maavesi on Leveäsalmen ja Kopinsalmen väliin jäävä vesialue, joka toisinaan katsotaan erilliseksi vesialueeksi Pien-Saimaalla. Sen pinta-ala on 12,7 km² ja keskisyvyys 1,9 m. Maaveden vesi on tummempaa ja ravinteikkaampaa kuin muissa

osissa Pien-Saimaata. Samantyyppistä vettä on myös Koneenselällä ja Lavikanlahdella. Veden vaihtumiseen Maavedellä ovat vaikuttaneet kapeat silta-aukot. (Heikka 2006, 27.) Lavikanlahti poikkeaa selvästi muusta Pien-Saimaasta. Lavikanlahden valuma-alue on suovaltaista sekä osin maa- ja metsätalousalueita. Näistä aiheutuvaa humus- ja ravinnepi-toisten valumavesien merkitystä korostaa Lavikanlahden hidas vedenvaihtuminen. (Niskanen & al. 2005, 4) Eteläisemmillä vesialueilla, Piiluvanselällä ja Sunisenselällä vedenlaatu on ollut parempaa ja kaikkein parasta se on Lappeenrannan ja Taipalsaaren välisen patotien itäpuolella, jossa Vehkataipaleen virtaama pitää vedenlaadun muita alueita parempana. Toisaalta Vehkasalonselän pohjoispuolella, veden laatu on heikompaa, koska Vehkataipa-leen virran vaikutukset jäävät vähäisiksi. (Saukkonen 2009. A, suullinen tiedonanto 21.4.2009.)



Kuva 12. Eteläisen Saimaan vesialueet

Seuraavassa taulukossa on esitetty kuvan 12 numeroiden selitykset

Taulukko 9. Kartan alueiden selitykset

Numero	Paikka
1	Lavikanlahti
2	Maavesi
3	Riutanselkä - Jokilahti
4	Sunisenselkä - Piiluvanselkä
5	Taipalsaarentien itäpuoli
6	Kaupungin edusta
7	Lauritsalan edusta
8	Haukiselkä

4.1.3 Ongelmat Pien-Saimaan vedenlaadussa

Läntisen Pien-Saimaan vedenlaadun ongelmat ovat ilmentyneet viime vuosina erityisesti sinilevän runsaina kukintoina. Jo kolmantena peräkkäisenä vuotena jatkuneet läntisen Pien-Saimaan voimakkaat sinileväkukinnat ovat herättäneet suurta huomiota medioissa ja ihmisissä. Sinileväkukinnalla tarkoitetaan veden pinnalle kertynyttä levien massaesiintymää. Sinilevät, eli syanobakteerit ja syanoprokaryootit, ovat sopeutuneet elämään hyvin erilaisissa ympäristöissä, mutta erityisen hyvin ne viihtyvät ravinteikkaissa ja lämpimissä vesissä. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2007 B.)

Sinilevät yhteyttävät happea, mitä varsinaiset bakteerit eivät tee. Läntisellä Pien-Saimaalla talvella 2008 – 2009 jään alla mitattu normaalia korkeampi pH-luku kertoo yhteyttämisen jatkumisesta jään alla. (Kauppi 2009) Sinilevien esiintymisrunsautta voidaan mitata myös sinilevien sisältävien väriaineiden perusteella. Läntisellä Pien-Saimaalla mitatut a-klorofylli, eli vihreän väriaineen, pitoisuudet ovat olleet korkeat. Marraskuussa 2008 otettujen näytteiden analyysi osoitti, että kukinta on maksamyrrykyllistä. Lisäksi 0–2 metrin vesipatsaassa havaittiin vedessä olevaa mikrokystiini-maksamyrrykyä. (Kauppi 2009) Sinilevien erittämille maksa- ja hermomyrkyille altistuminen voi aiheuttaa ihmiselle myrkytysoireita. Oireet ovat usein ohimeneviä ihon kirvelyä, nuhaa, päänsärkyä ja huonovointisuutta. Pienille lapsille ja eläimille veden juominen voi olla kohtalokasta. (Sinilevä-online)

Saimaan vesiensuojelu ry:n teettämässä Etelä-Saimaan vedenlaaduntarkkailun yhteenvedossa vuosilta 1975 – 2006 käy ilmi eri vedenlaadullisten tekijöiden kehitys Saimaalla. Pien-Saimaan osalta mittauspaikkoina ovat olleet Kaukaan paperitehtaan läheiset vesistöt. Mittauspaikkoina selvityksessä ovat olleet Mikonsaari, Luukkaansalmi, Lauritsalan edusta ja Haukiselkä. Mikonsaari on tässä tutkimuksessa vertailupiste, johon Kaukaan jätevesien ei katsota vaikuttavan voimakkaasti. (Saukkonen 2007, 5)

Happitilanne alueella on kohentunut huomattavasti ja pääsyynä tähän voidaan pitää biologisen puhdistamon käyttöönottoa Kaukaalla. Fosforin määrät ovat pysyneet vakaana Mikonsaarella, mutta Kaukaan edustan mittauspisteissä määrät ovat laskeneet vuoden 1992 jälkeen voimakkaasti. Aivan viime aikoina fosforipitoisuudet ovat kasvaneet. Typpipitoisuudet ovat laskeneet vuoden 1992 jälkeen, mutta mittausjakson lopulla niissä voidaan havaita pientä kasvua. Veden väriluvussa voidaan havaita lievää laskua Kaukaan edustan mittauspaikoilla. Mikonsaarella luku on pysynyt kutakuinkin vakaana. Veden sameus on ollut lievässä kasvussa ja kohollaan koko 2000-luvun. Vuoden 1995 kohdalla nähdään sameudessa huippuarvo. Tuolloin Vehkataipaleen pumppaamo oli vajaakäytöllä. Kemiallisessa hapenkulutuksessa (COD) on ollut melko suuria vuosittaisia vaihteluita, mutta keskimääräinen kehitystrendi on ollut vakaa. Luukkaansalmessa ja Lauritsalan edustalla veden tummuus ja sameus ovat vähentäneet auringonvalon pääsyä veteen, jolloin auringonvalosta riippuva a-klorofyllipitoisuus on jäänyt pienemmäksi, kuin mitä ravinnemäärät antaisivat olettaa. Haukiselällä a-klorofyllipitoisuus on sen sijaan suurempi kuin mitä fosforimäärät antaisivat olettaa. Vastaavia viitteitä on saatu myös kasviplanktonkokeissa. Raportissa esitetään mahdolliseksi syyksi tälle jätevesien laimentumista puhtaampaan veteen. (Saukkonen 2007, 11–15.)

Talvella 2008 – 2009 voimakkaasti kukkinut sinilevä kuuluu Anabaena-sukuun ja marraskuussa 2008 sen a-klorofyllipitoisuudet olivat 40 µg/l. Vielä tammikuussa 2009 Sunisenselällä jään alla veden a-klorofyllipitoisuus oli 19 µg/l. Tätä voidaan pitää vuodenaikaan nähden erityisen poikkeuksellisen arvona. (Kauppi 2009; Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2007 B.)

Sinilevien määrä lähti kevättalvella 2009 laskuun. Suurin huippu sinilevien esiintymisessä oli helmikuun alkupuolella. Tuolloin sinileväpitoisuus oli noin 15 mg/l. Tämän jälkeen

levien määrä laski pikkuhiljaa ja huhtikuun alkupuolella biomassa oli lähellä nollaa. Tässä vaiheessa vuotta jään päällä oli yhä lunta. Sinilevien vajoaminen pohjan tuntumaan on näkynyt mittauspisteissä veden happipitoisuuden laskuna, mutta tämä ei välttämättä johda hapettomien alueiden syntymiseen ellei talvi jatku erityisen pitkään. Hapettomien alueiden muodostuminen vapauttaisi lisää fosforia vesistöön. (Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 2009 B.)

Ilmeisesti suuremman virtauksen ansiosta sinilevähavainnot ovat jääneet vähäisiksi itäisellä Pien-Saimaalla. Sinilevä on hieman vettä kevyempää ja näin ollen se nousee lautoiksi veden pinnalle. Mikäli vesi ei virtaa riittävän paljoa, muodostuu sinilevälauttoja veden pinnalle. Veden voimakas virtaus estää sinilevän kasautumisen, ja näin ollen näkyvää sinileväesiintymää ei synny. Virtauksen ohella veden sameus vaikuttaa sinilevien määriin, sillä sameassa vedessä auringonvalo ei tunkeudu yhtä syväälle vesistöissä, jolloin levien yhteyttäminen vaikeutuu. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009.)

Jäiden lähdettyä kesällä 2009 sinilevää esiintyi hieman Lavikanlahdella ja Maavedellä. Kesäkuun alkupuolelle sinilevää oli vähän Pien-Saimaalla. Kesäkuun lopulla sinilevää havaittiin jälleen joka puolella Pien-Saimaata ja myös muissa ympäröivissä vesistöissä. (Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 2009 C.)

4.1.4 Virtausohjausmenetelmän valinta

Teoriaosion luvussa 2 esitellään erilaisia vaihtoehtoja, joiden avulla voidaan teknisesti toteuttaa virtausohjauksella vesistön vedenlaadun paraneminen. Alusveden pois johtamisen kannalta Pien-Saimaa on ongelmallinen vesistö, sillä keskisyvyys alueella on melko matala ja kohtalaisen syviä alueita on toisistaan erillisinä eri selillä. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009.) Näissä syvänteissä muodostuu kohtalaisen voimakasta kerrostuneisuutta (Huttula & al. 2005, 4.) ja mahdollisesti happikatoa. Alusveden poistomenetelmä voisi soveltua pienessä mittakaavassa yksittäisiin syvänteisiin, mutta tällöin vaikutus koko vesialueeseen jäisi olemattomaksi. Lisäksi ongelmia aiheuttaa kunnollisen purkuvesistön puute, eli ei ole selkeää paikkaa, mihin alusvettä voitaisiin pumpata. Lisäksi pumppausmatkat

olisivat hyvin pitkiä, mikä tekee menetelmän soveltamisen käytännössä mahdottomaksi kustannusten korkeuden vuoksi.

Tulvavesien ohjohtaminen ei tule kyseeseen Pien-Saimaalla, koska kuormitus muodostuu useista eri pistelähteistä. Tulvavesien ohjohtaminen olisi järkevää ainoastaan silloin, kun suurin osa kuormituksesta tulisi yhdestä pistelähteestä tai joesta, joka voitaisiin johtaa vesistön ohi.

Vesistön säännöstely alivesipurkautumien lisäämiseksi olisi periaatteessa mahdollista Vuoksen säätelyn avulla. Tällöin voitaisiin, joko nostaa tai laskea vesistön vedenpintaa, jolloin vesistön tilavuus saadaan kasvamaan tai laskemaan halutusti ja voidaan näin pyrkiä aikaansaamaan ravinnepitoisuuksille sopiva suhde vesistöön. Tämä on kuitenkin erityisen hankala toteuttaa käytännössä ja seuraukset olisivat hyvin vaikeasti ennakoitavia. Lisäksi vedenpinnan säätelyä tapahtuu jatkuvasti ja on esitetty, että tällä olisi negatiivinen vaikutus vedenlaatuun Pien-Saimaalla. Vedenpinnan ollessa korkealla maaperästä pääsee liukenemaan ravinteita vesistöön.

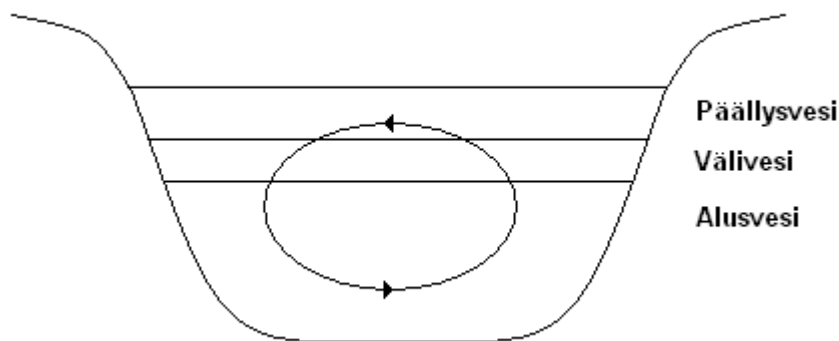
Rikkonaiseen Pien-Saimaaseen soveltuu parhaiten kunnostusmenetelmistä lisävedenjohtaminen ja järvioltaan virtaussuuntien ohjailu, koska keskeinen ongelma Pien-Saimaalla on hidas veden vaihtuminen. Lisävedenjohtamisessa virtausta lisätään tuomalla muista vesistöistä parempilaatuista vettä vanhan veden tilalle ja virtaussuuntien ohjailussa voidaan vesistön sisällä aiheuttaa virtauksia sekä estää hydrologisia oikosulkuja, eli pyritään kierrättämään vettä myös niistä osista vesistöä, joissa vedenvaihtuminen on muuta vesistöä hitaampaa. Mikäli virtausohjauksella pumpataan pintavettä, ei alusvesi välttämättä pääse vaihtumaan kuin kahdesti vuodessa, syys- ja kevätkierrrossa, koska vesistössä on jonkin verran kerrostuneisuutta. Tässä selvityksessä keskitytään erityisesti keinoihin, joilla voidaan lisätä virtausta vesistössä, joko lisäveden johtamisella tai virtaussuuntien ohjailulla.

4.2 Tunnetut virtaukset Pien-Saimaalla ja sen ympäristössä

Tässä luvussa esitetään Pien-Saimaan alueella esiintyviä tunnettuja luontaisia virtauksia ja ihmisen aikaansaamia virtauksia.

Täyskierrot

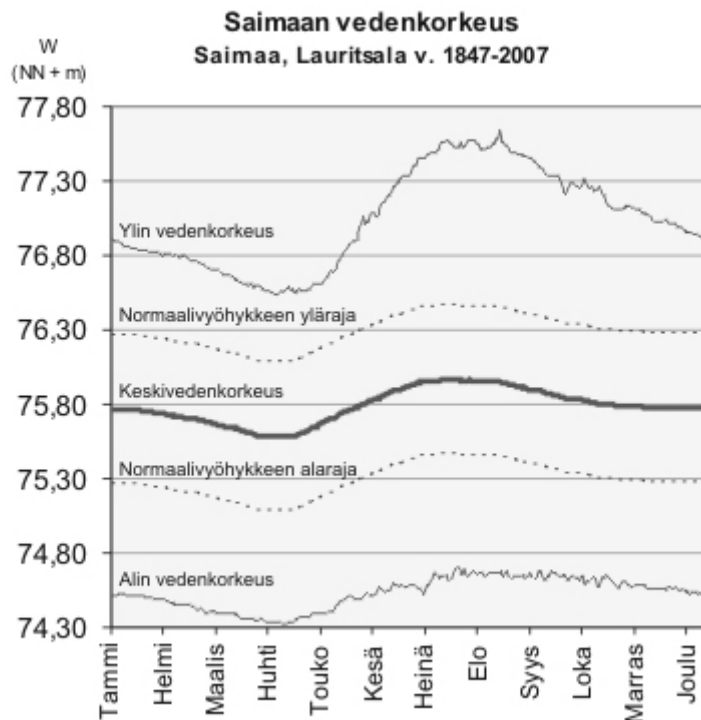
Useimmissa suomalaisissa järvissä sisäisiä virtauksia aiheuttaa kaksi kertaa vuodessa syys- ja kevättäyskierto. Kierrot johtuvat lämpötilakerrostuneisuudesta, mikä perustuu siihen, että vesi on raskainta noin neliasteisena. Talvella veden lämpötila on jääkannen alla lähellä nollaa astetta ja pohjassa neljän asteen tuntumassa. Tuulet eivät pääse sekoittamaan vettä, joten veden vaihtuminen on hidasta. Keväällä jäiden lähtiessä ja auringon lämmittäessä pintakerroksia, koko vesimassa muuttuu noin neliasteiseksi. Tällöin vedet pääsevät sekoittumaan helposti. Kevään ja kesän edetessä ylemmät vesikerrokset lämpenevät edelleen, jolloin lämmin päällysvesi pysyy erillään kylmästä alusvedestä. Kerrosten välillä on harppauskerros, jossa lämpötila laskee voimakkaasti syvemmälle mentäessä. Tuulet saattavat sekoittaa kerrostuneisuutta, mutta tietyillä paikoilla kerrostuneisuus voi olla hyvinkin stabiilia. Syksyllä pintavesien viilentyessä ne painuvat pohjaan ja pohjan tuntuman lämpimämpi vesi nousee pintaan. Syvänteiden viileä vesi saattaa olla paljon hitaammin vaihtuvaa kuin ylemmät vesikerrokset. Jätevedet ovat usein muuta vesimassa raskaampia ja päätyvät pohjantuntumaan, kun taas puhtaat vedet ovat sekä kesällä että talvella lämpötilansa vuoksi muita vesimassoja kevyempiä. (Hakala & Välimäki 2003, 50-51.)



Kuva 13. Lämpötilakerrostuneisuus, sekä syys- ja kevätkierto järvessä. (Hakala & Välimäki 2003, 51.)

Pinnan korkeudesta johtuvat virtaukset

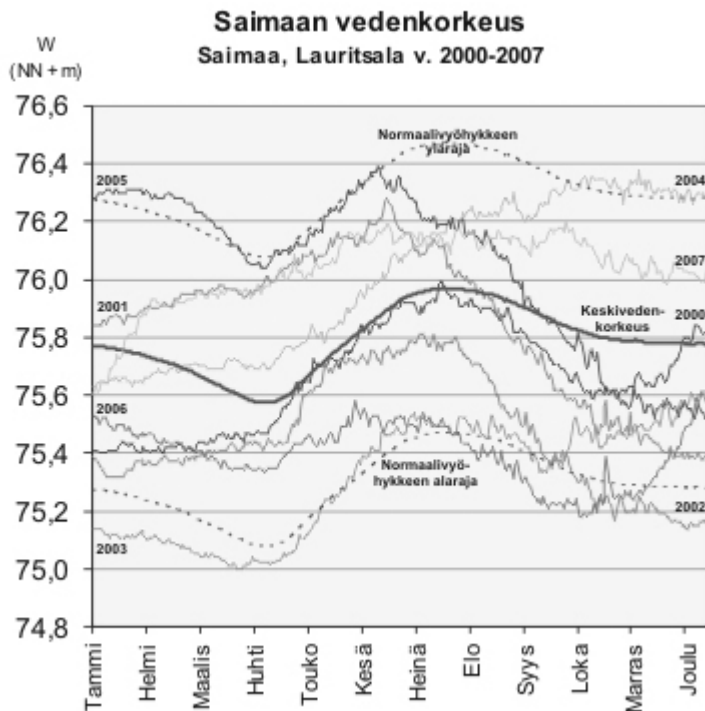
Pien-Saimaan vedenkorkeus vaihtelee luontaisesti, mikä aiheuttaa virtauksia alueella. Merkittävin vedenkorkeuteen vaikuttava tekijä on sademäärä. Saimaan alueen vedenkorkeudenvaihtelut ovat suurempia kuin alueen pienemmillä järvilla. Tämä johtuu pääosin suuresta valuma-alueesta ja Saimaan sijainnista valuma-alueen alaosassa. Seuraavassa kuvassa on esitetty Saimaan vedenkorkeuden vaihtelut. (Valtionhallinnon verkkopalvelu 2009 C.)



Kuva 14. Saimaan vedenkorkeustiedot v. 1847 - 2007 mitattuna Lauritsalassa (Valtionhallinnon verkkopalvelu 2009 C.)

Saimaan eteläisillä pääaltailla vedenpinta on ollut yleensä korkeimmillaan vasta juhannuksen jälkeen. Saimaan tulovirtaama pienenee kesällä, mikä kääntää vedenkorkeuden laskuun. Korkeiden lämpötilojen takia valuma-alueen ja vesistön haihduntanopeus kasvaa. Tällöin ainoastaan runsaat sateet hidastavat vedenpinnan laskua. Syksyä kohden haihdunta vähenee lämpötilojen alentuessa. Syksyllä runsastuvat sateet hidastavat vedenpinnan laskua tai kääntävät sen jopa nousuun. Talvella sateiden muuttuminen lumeksi pienentää vesistön tulovirtaamaa ja näin kääntää pinnan jälleen laskuun. Keväällä vedenkorkeus kääntyy nousuun ennen kaikkea sulamisvesien myötä. (Valtionhallinnon verkkopalvelu 2009 C.)

Kuvassa 15 on esitetty Saimaan vedenpinnankorkeuden vaihteluita viime vuosina. Poimitaan kuvasta jyrkkiä veden korkeuden vaihteluita ja vaihteluajoja. Voidaan laskea Pien-Saimaan pinta-alan avulla karkeita arvioita vedenpinnankorkeuden vaihteluiden vaikutuksesta siirtyneen veden määrälle. Siirtymäajan avulla saadaan keskimääräinen virtaama siirtymän aikana. Taulukossa 9. on esitetty keskivirtaamia voimakkailla vedenkorkeusvaihteluajaksilla.



Kuva 15. Saimaan vedenkorkeuden vaihtelut vuosia 2000 - 2007 (Valtionhallinnon verkkopalvelu 2009 C.)

Taulukko 9. Vedenkorkeuden vaihtelun aiheuttamat keskivirtaamat Pien-Saimaalla

Vuosi		2003	2005	2005
Aikajakso		15.4–5.6	1.6–10.11	1.4–1.6
Pien-Saimaan pinta-ala	[km ²]	122	122	122
Vedenpinnanvaihtelu	[m]	0,5	0,9	0,35
Vaihtuvan veden määrä	[m ³]	61000000	110000000	42700000
Vaihtumisaika	[d]	50	160	60
Keskimääräinen virtaus	[m ³ /s]	14,1	7,9	8,2

Havaitaan, että pinnan korkeuden aiheuttamat virtaukset voivat olla ajoittain melko voimakkaita ja samaa suuruusluokkaa kuin tässä selvityksessä suunnitellut pumppausmäärät.

Vuoksen vesivoimalaitosten juoksutuksella on niin ikään vaikutusta Pien-Saimaan vedenkorkeuksiin. Voimakkaat juoksutukset näkyvät muutaman tunnin viiveellä pinnankorkeuden vaihteluina Lappeenrannassa. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009)

Saimaan normaali vedenkorkeus (MW) on +75,7, merenpinnan tasosta katsottuna. Valitaan tätä tarkastelua varten alivedenkorkeudeksi (LW) +74,4 eli 1,3 metriä normaalia vedenpinnan korkeutta matalampi vedenkorkeus. Joissakin selvityksissä käytetään Saimaan alivedenkorkeutena +75,1, mutta tämä arvo koskee erityisesti avovesikautta. Pumpun toiminnan kannalta on tärkeää, että imuputken suu ei jää milloinkaan vedenpinnan yläpuolelle, joten tässä työssä käytetään +74,4 aliveden korkeutena. Vastaavasti ylävedenkorkeutena (HW) käytetään +77,0.

Virtausmittaukset

Pien-Saimaan alueella on tehty lähinnä yksittäisiä virtausmittauksia, eikä kattavaa selvitystä alueen virtauksista ole tehty. Luontaisesti sisäiset virtaukset ovat melko pieniä ja tuulista riippuvaisia. Etenkin talviaikaan virtauksiin vaikuttaa myös vedenkorkeus.

Luode Consulting Oy on laatinut Sunisenselälle johtavien salmien virtauskartoituksen. Kartoituksessa tutkittiin Uittamonsalmen ja Nattarinsaaren länsipuolisen sekä itäpuolisen salmen virtaustietoja. Selvityksen tavoitteena oli tutkia Uittamonsalmeen suunnitellun pengertien vaikutuksia virtauksiin, vedenlaatuun Sunisenselällä ja vesikasvillisuuteen. Mittaukset suoritettiin kaikissa kolmessa salmessa kolmena kertamittauksena 28.7.-29.9.2005 ja jatkuvana mittauksena Uittamonsalmessa 1.-29.9.2005. (Huttula & al. 2005, 2-4.)

Veden lämpötilamittauksissa todettiin, että vesimassa oli vertikaalisesti täysin sekoittunutta ja kerrostuneisuutta alkoi ilmetä vasta heinäkuun lopulla. Ympäristöä viileämpää vettä havaittiin Uittamonsalmessa ja Sunisenselän syvänteessä. Tulosten epäillään osittain johtuvan veden paikallisesta sekoittumisesta Uittamonsalmessa tai viileämmän veden kumpuamisesta Sunisenselältä pohjoisen tuulen vaikutuksesta. Näyttäisi, että ainoastaan Sunisenselän syvänteeseen pääsee muodostumaan kerrostuneisuutta. (Huttula & al. 2005, 10-11.) Virtausmittauksissa todettiin, että vesi vaihtuu Sunisenselältä tehokkaasti kaikkien

kolmen salmen kautta. Erityisesti voimakkaita pintavirtauksia mitattiin Uittamonsalmessa ja Naurissaaren länsipuolisessa salmessa. (Huttula & al. 2005, 14.)

Virtausmittauksissa mitatut suurimmat virtausnopeudet olivat noin 0,2 m/s, joka on melko suuri arvo järviveden virtaukselle. Yli puolet virtauksista oli 0,03–0,06 m/s. Keskimääräinen virtaama Uittamonsalmessa oli noin 0,031 m/s. (Huttula & al. 2005, 18.) Vallitsevana virtaussuuntana oli suunta Sunisenselältä Syväveteistenselälle päin, vaikka virtaussuunta ajoittain vaihteli. Syväveteistenselälle suuntautuvat virtaukset olivat myös pidempiaikaisia ja pisin tällainen jakso oli viisi vuorokautta. Koko tarkastelujakson aikana virtauskomponenttien keskiarvo osoitti virtauksen nopeuden olevan keskimäärin 0,031 m/s Syväveteistenselälle päin. (Huttula & al. 2005, 17–18.)

Vehkataipaleen pumppaamon virta

Vehkataipaleen pumppaamon tarkoituksena on siirtää Kaukaan paperi- ja sellutehtaiden edustan vesiä pois kaupungin edustalta ja tuoda raikasta käyttövetä tehtaan edustalle. Vehkataipaleen virta kaartuu pääasiassa etelään purkauduttuaan Pien-Saimaaseen avokanavastaan. Virta kulkee Vehkasalon länsipuolelta ja jakautuu kahteen päähaaraan. Toinen haara kulkee Vehkasalon ja Heposalon välistä ja toinen Kuivaketveleen ja Heposalon välistä. Jakautuminen tapahtuu suunnilleen kyseisten salmien poikkileikkausten pintaalojen suhteessa. (Laine, haastattelu 31.3.2009.) Virtaukset yhdistyvät Lappeenrannan kaupungin edustalla Pappilansalmessa. Vehkataipaleen pumppaamon virta liittyy Suur-Saimaalla Rastivirtaan, joka kulkee pohjoisesta kohti etelää ja kaartuu Joutsenon edustalla kohti Vuoksea. Vehkataipaleen pumppaamo nostaa Lappeenrannan kaupungin edustan virtaaman arvoon 40 m³/s. Rastivirta on voimakkuudeltaan 500 - 600 m³/s eli kutakuinkin samaa luokkaa, kuin Vuoksen virtaama. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.)

Vehkataipaleen pumppuasemalla on kaksi pumppua, joiden yhteisvirtaus on noin 40 m³/s. Molempien pumppujen ottoteho on noin 179 kW. (Tarkistusmittauksissa tehoiksi saatiin 171 kW ja 169 kW. Yhteisvirtaama oli 37,3 m³/s) Pumppulaitos on käynnistetty 1936 ja se on käytännössä ollut yhtäjaksoisesti käytössä koko ajan vähintään yhden pumpun voimin. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.) Vehkataipaleen pumppaamon käynnistäminen näkyi nopeasti vedenlaadun paranemisena virtauksen alueella. (Laine 2001, 101)

Kaukaan tehtaille valmistui uusi vedenpuhdistuslaitos ja 1994 Vehkataipaleella suoritettiin pumppaustehon alentamiskoe, jolla testattiin voitaisiinko jatkossa käyttää ainoastaan yhtä pumppua. Vehkataipaleella toteutettu pumppaustehon alentamiskoe aloitettiin 1.12.1993. Pumppaamo toimi tällöin normaaliteholla. Virtaama oli tällöin ”lossilinjalla” 46,2 m³/s eli täysin odotetunlainen arvo. 5.1.1994 pumppausteho puolitettiin Vehkataipaleella arvoon 20 m³/s, sulkemalla toinen pumppu. Pumppaus pidettiin alennetulla tasolla saman vuoden huhtikuun alkuun asti. Tehon pudotus havaittiin välittömästi virtausnopeuksien pienemänä ja Lappeenrannan suuntaan Kaukaalta kääntyvien virtausten yleistymisenä. Lamposaaren kohdalla virtauksen havaittiin kulkevan useina päivinä suurimman osan ajasta hitaasti Kaukaalta Lappeenrantaa kohden. (Laine & al. 1994.) Hyvin nopeasti kävi ilmi, että vedenlaatu heikkeni vähentyneen virtaaman myötä. (Laine & al. 1994.) Tämän jälkeen molempia pumppuja on pidetty käynnissä. Niihin on tehty vuoden 1936 jälkeen ainoastaan pienehköjä korjauksia. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.)

Pumppauksenalentamiskokeen vaikutukset näkyivät melko nopeasti veden laadussa (Laine, haastattelu 31.3.2009) Havaintopaikkoina olleissa Mikonsaaressa, Pappilansalmessa, Lamposaaressa ja Haukiselällä vedenlaatuluokitukset heikkenivät alentamiskokeen alettua. Pappilansalmessa heikkeneminen oli nopeaa, mutta parani pikkuhiljaa, kunnes lähti taas heikkenemään. Mikonsaarella vedenlaadun heikkeneminen oli aluksi hidasta, mutta kiihtyi tarkkailujakson loppua kohden. Lamposaaressa heikkeneminen oli tasaista. Ainoastaan Haukiselällä veden laadun heikkeneminen jäi olemattomaksi. (Laine & al. 1994.)

Tutkimuksen loppupäätelminä todetaan, että 40 m³/s pumppaaminen pitää virtauksen Pappilansalmessa talviaikaan jatkuvasti lännestä itään. Pumppaus tehon pienentäminen arvoon 20 m³/s merkitsee selkeää tilanteen muuttumista ja Kaukaan jätevesien kulkeutumista Lappeenrannan edustalle. Tuulilla on avovesiaikana myös merkittävä rooli virtausten suunnassa. (Laine 1995, 4.)

Kaukaan tuotantolaitoksen vesikierto

Kaukaan tuotantolaitokset ottavat prosessivesiä hieman yli 1 m³/s ja lauhdevesiä hieman yli 2 m³/s. Osa Kaukaan ottamista vesistä palautetaan vesistöön, esimerkiksi lauhdevesinä, Pappilansalmen itäpuolella. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.)

Lappeenrannan Vesi Oy:n raakavedenotto

Lappeenrannan kaupungin raakavesi otetaan osittain Sunisenselältä. Vettä otetaan kaikkiaan noin 10000 m³/vrk eli virtaama on keskimäärin 0,1157 m³/s. Osa tästä vesimäärästä jää saamatta talteen, jolloin vesi päätyy pikkuhiljaa takaisin Sunisenselälle. Huhtiniemen puhdistusaltaiden hyötysuhde on noin 80 %. Huhtiniemen ja Pallon välisen lahden alueella laskee jonkin verran hulevesiä vesistöön, millä on myös merkitystä alueen virtauksiin. Myös pohjavettä tulee Sunisenselälle tihkumalla rannoilta. (Niinimäki 2009, suullinen tiedonanto 21.4.2009.)

Saimaan kanava

Saimaan kanavaan kulkeutuu pieni virtaus Lappeenrannan kaupungin itä-osassa. Virtaus vaihtelee juoksutuksen ja sulkujen käytön mukaan. Vuotuinen virtausmäärä Saimaan kanavassa oli 2008 yhteensä 41930000 m³/s eli keskimäärin 1,33 m³/s. Kuukausikeskiarvot vaihtelevat välillä 0,17 m³/s-2,8 m³/s.(Piironen 2009, yksityinen sähköpostiviesti 7.4.2009.)

Maaveden virtaukset

Maaveden eli Kopinsalmen ja Leväsensalmen välisen vesialueen vesitilavuus on noin 16,7 miljoonaa m³. (Huttula 2003.). Vastaavasti kyseisen vesialueen veden viipymäaika on keskimäärin 455 vrk. (Jantunen 2004,1.) Tästä saadaan laskettua karkea keskimääräinen Maaveden virtausnopeus.

$$Q_{\text{Maavesi}} = \frac{V_{\text{Maavesi}}}{t_{\text{viipymä, Maavesi}}} = \frac{16700000 \text{ m}^3}{455 \text{ vrk} \cdot 24 \text{ h/vrk} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 60 \text{ s/min}} = 0,425 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Maaveden virtausten suunta on riippuvainen tuulista, joten ei voida tarkkaan sanoa, mihin suuntaan virtaus kulkee. (Huttula 2009 yksityinen sähköpostiviesti 20.4.2009; Huttula 2003.)

Virtaussuunnat silta-aukoissa

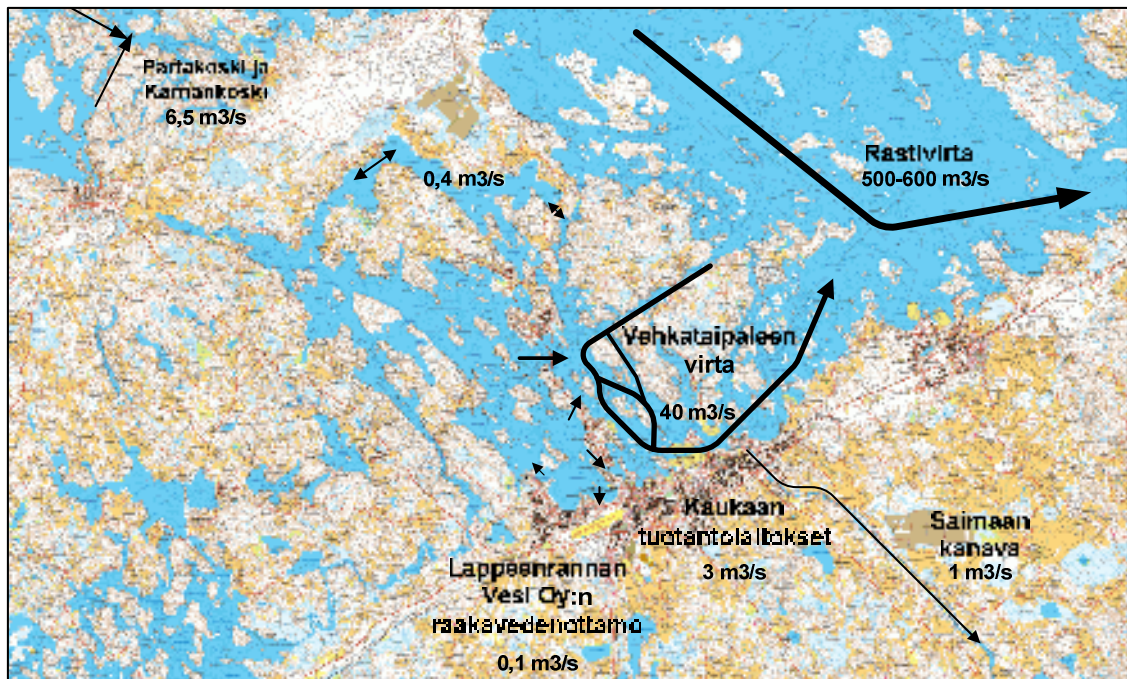
Lappeenrannan ja Taipalsaaren välisen pengertien kaikissa kolmessa salmessa, Voisalmessa, Kivisalmessa ja Kirjamoinisalmessa, virtaus on lännestä itään päin. Näissäkin salmissa

virtaussuunta ja määrät kuitenkin vaihtelevat tuulensuunnasta riippuen. (Saukkonen 2009, A, suullinen tiedonanto 21.4.2009.) Näiden salmien ja Kopinsalmen keskimääräinen virtaama itään päin on yhteensä kutakuinkin $4 \text{ m}^3/\text{s}$, koska saman verran vettä tulee valuma-alueelta. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009.) Pien-Saimaan suojeluyhdistys ry:n silmämääräisten havaintojen mukaisesti Voisalmen, Kivisalmen, Kirjamoinisalmen ja Leväsensalmen virtaaman suunta on talvisin lännestä itään päin (Hänninen, yksityinen sähköpostiviesti 3.5.2009.) Virtaama on melko olematonta Voisalmessa ja Kivisalmessa. Merkittävin virtaus on Kirjamoinisalmissa. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.)

Partakosken- ja Kärnäkosken virtaamat

Kuolimo on Pien-Saimaan koillis-, pohjoispuolella sijaitseva karu järvi. Kuolimo laskee Suur-Saimaaseen Maaveden pohjoispuolella kahden rinnakkaisen kosken, Partakosken ja Kärnäkosken, välityksellä. Partakosken ja Kärnäkosken yhteinen keskivirtaama on noin $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$. (Etelä-Karjalan liitto 2006, 4.) Lisäksi Partakosken virtaama on pienimmillään matalan veden aikaan vain noin $2 \text{ m}^3/\text{s}$. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2006, 3.)

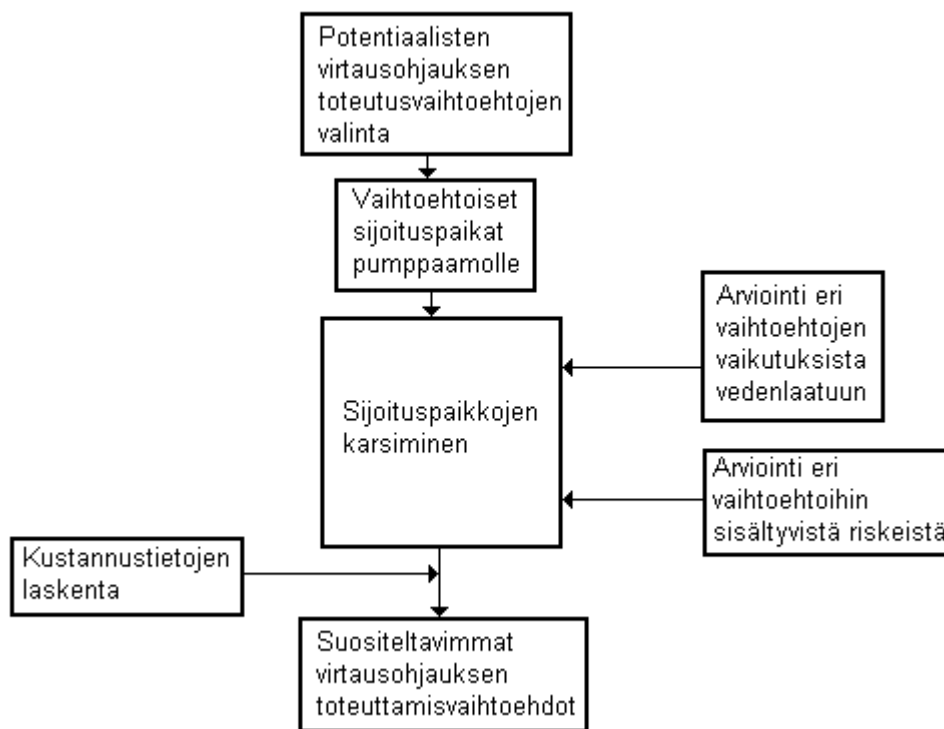
Seuraavassa kuvassa 16 on koottu läntisellä Pien-Saimaalla ja sen ympäristössä vaikuttavia tunnettuja virtauksia ja niiden suuntia.



Kuva 16. Tunnetut virtaukset Pien-Saimaalla ja sen ympäristössä. (Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/09)

5 VIRTAUSOHJAUksen TOTEUTUS VAIHTOEHTOJEN ARVIOIMINEN PIEN-SAIMAALLA

Selvitetään potentiaalisia virtausohjauksen toteutusvaihtoehtoja Pien-Saimaalla. Arvioidaan eri toteutusvaihtoehtojen vaikutuksia vedenlaatuun ja karsitaan heikoimmat vaihtoehdot pois tarkastelusta. Tarkastellaan virtausohjauksesta aiheutuvia riskejä eri vaihtoehdoissa Pien-Saimaalla. Laaditaan merkittäviksi tunnistetuille riskeille riskienhallintasuunnitelma ja rajataan riskitarkastelun avulla pois sellaisia vaihtoehtoja, joihin sisältyy merkittäviä riskejä, joita ei pystytä hallitsemaan. Tämän jälkeen lasketaan jäljellä oleville vaihtoehdoille kustannukset ja esitetään tällä metodologialla saadut suositeltavimmat pumppausjärjestelyt.

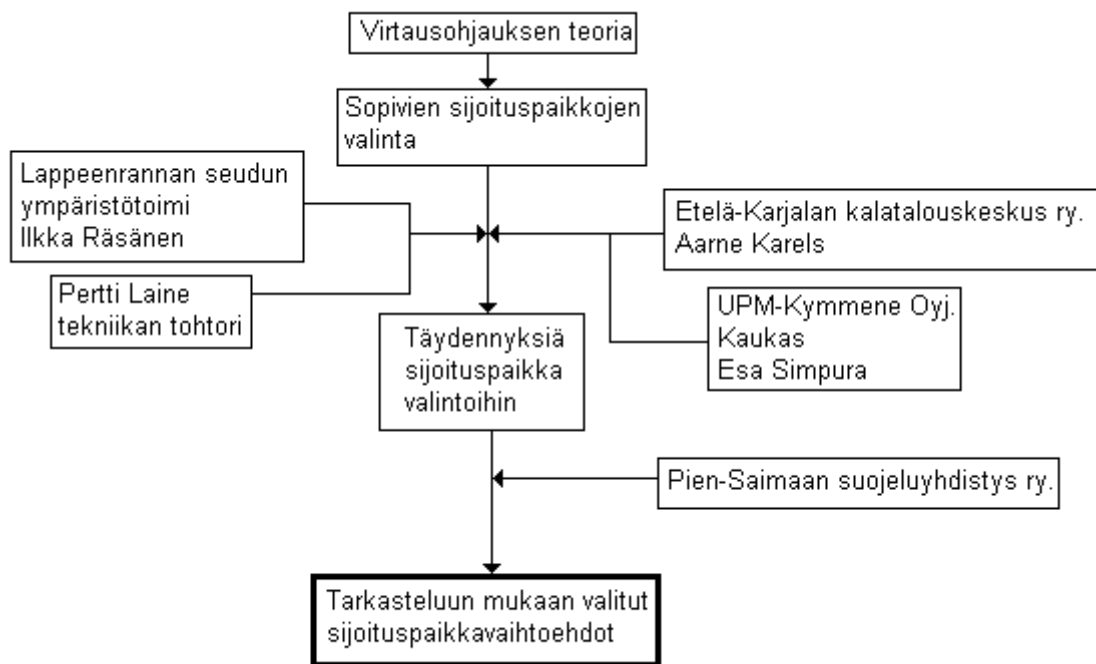


Kuva 17. Kaavio suositeltavan pumppaamon sijoituspaikan valinnasta

5.1 Eri pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen ja pumppausuuntien valinta

Alkuperäisessä ehdotuksessa Etelä-Saimaa lehdessä 28.11.2008 julkaistussa artikkelissa vedenlaadun parantamiseksi läntisellä Pien-Saimaalla professori Juha Pyrhönen ehdotti pumppaamon sijoittamista Voisalmeen tai Kopinsalmeen tai molempiin. Tähän selvitykseen mukaan otettavia sijoituspaikkavaihtoehtoja valittiin aluksi virtausohjauksen perus-

edellytysten, eli riittävän suuren laimennusvesimäärän ja kunnostettavaa vesistöä paremman vedenlaadun, avulla. Läntisen Pien-Saimaan läntisiä osia parempilaatuista vettä on saatavilla Suur-Saimaalta, Kuolimosta ja läntisen Pien-Saimaan itäisistä osista, joihin Vehkakaipaleen pumppaamo tuo Suur-Saimaan vettä. (Saukkonen 2009. A, suullinen tiedonanto 21.4.2009.) Vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen valintaa suoritettaessa käytettiin apuna myös alueen asiantuntijoita. Lappeenrannan seudun ympäristötoimen ympäristöjohtaja Ilkka Räsänen, UPM-Kymmene Oyj:n ympäristöpäällikkö Esa Simpura, Pien-Saimaan vedenlaadun kehitykseen perehtynyt tekniikan tohtori Pertti Laine sekä Etelä-Karjalan kalatalous ry:n toiminnanjohtaja Aarno Karels ehdottivat sopivia sijoituspaikkoja pumppaamolle. Selvityksessä otetaan huomioon kaikki potentiaaliset sijoituspaikkavaihtoehdot, jotka voisivat olla mahdollisia virtausohjauksen toteuttamisen kannalta. Kuvassa 18 on esitetty Pien-Saimaan virtausohjauksen toteutusvaihtoehtojen valinnan kulku.



Kuva 18. Tarkasteluun mukaan otettujen pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen valinta

Suur-Saimaan veden tuominen läntiselle Pien-Saimaalle onnistuisi lähinnä Rehulan alueella. Tällöin kysymykseen voisi tulla putkisto ja kanavalinja Suur-Saimaan ja Maaveden välillä tai suunnitellun Kutilan kanavan hyödyntäminen. Tämän lisäksi Suur-Saimaan veden tuomista voitaisiin lisätä kasvattamalla Vehkakaipaleen pumppaamon virtaamaa tai

siirtämällä Vehkataipaleen pumppu Pappilansalmeen. Tällöin voitaisiin virtausaukkojen avulla ohjata osa virrasta Taipalsaaren pengertien länsipuolelle. Kuolimon veden tuominen läntiselle Pien-Saimaalle onnistuu ainoastaan putkea tai kanavaa pitkin. Tällöin järkevintä olisi valita lyhin mahdollinen etäisyys ja pumpata Kuolimon vettä Lavikanlahteen. Vehkataipaleen pumppaamon vaikutuspiirissä oleviin vesiin olisi mahdollinen yhteys luontaisissa salmissa eli Voisalmessa, Kivisalmessa, Kirjamoinsalmessa ja Kopinsalmessa. Kopinsalmelle vaihtoehtoinen pumppaamon sijoituspaikka voisi olla Leväsensalmi. Käkeläntaipaleen kapean maakannaksen kautta olisi niin ikään mahdollista siirtää, joko kanavaa tai putkistoa pitkin läntisen Pien-Saimaan itäisistä osista vettä Maaveteen.

Selvitykseen otettiin mukaan Rakkolanjoen kunnostamisen yhteydessä tehty ehdotus, jonka mukaan Sunisenselän vettä pumpattaisiin $1 \text{ m}^3/\text{s}$ Rakkolanjokeen. Tällä olisi jätevesiä laimentava vaikutus jätevesien purkuvesistössä, jonka kunnostukseen suunnitelma ensisijaisesti tähtää. Selvityksessä otetaan huomioon myös mahdollisuudet kunnostaa vanha Rehulan ja Kivijärven välinen tukinuittolinja. Kivijärven vedenpinta on noin puoli metriä alempana kuin Saimaan vedenpinta. Vanhassa tukinuittolinjassa on johdettu vettä Saimaalta Kivijärveä kohden. Mikäli vettä haluttaisiin pumpata Kivijärvestä Saimaaseen päin, tarvittaisiin erityisen pitkä putki, tai vesi pitäisi nostaa usealla pumppaamalla Saimaan ja Kivijärven välisellä reitillä. Tästä syytä valitaan selvitykseen ainoastaan suunta, jossa vettä pumpataan Saimaalta Kivijärveen.

Näiden tietojen perusteella laadittiin lista mahdollisista sijoituspaikoista. Pien-Saimaan suojeluyhdistys ry tarkisti laaditun listan ja teki siihen tarvittavia lisäsehdotuksia hallituksen kokouksessaan 4.5.2009. (Hänninen 2009. yksityinen sähköpostiviesti 3.5.2009.) Seuraavassa on esitetty tarkasteluun mukaan otetut pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehdot:

1. Voisalmi
2. Kivisalmi
3. Kirjamoinsalmi
4. Käkeläntaipale
5. Kopinsalmi
6. Leväsensalmi
7. Kutilan kanava

8. Kolhonlahti – Kolinlahti
9. Kuolimo – Lavikanlahti
10. Rutola – Kivijärvi
11. Sunisenselkä – Rakkolanjoki
12. Vehkataipaleen pumppaamon virtaaman kasvattaminen
13. Vehkataipaleen pumppaamon siirtäminen Pappilansalmeen

Virtaussuuntien valinnassa, eri sijoituspaikoissa, käytettiin samoja lähteitä kuin sijoituspaikkojen valinnassa. Seuraavassa on esitetty vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen pumppaus suunnat, jotka on valittu tätä tarkastelua varten.

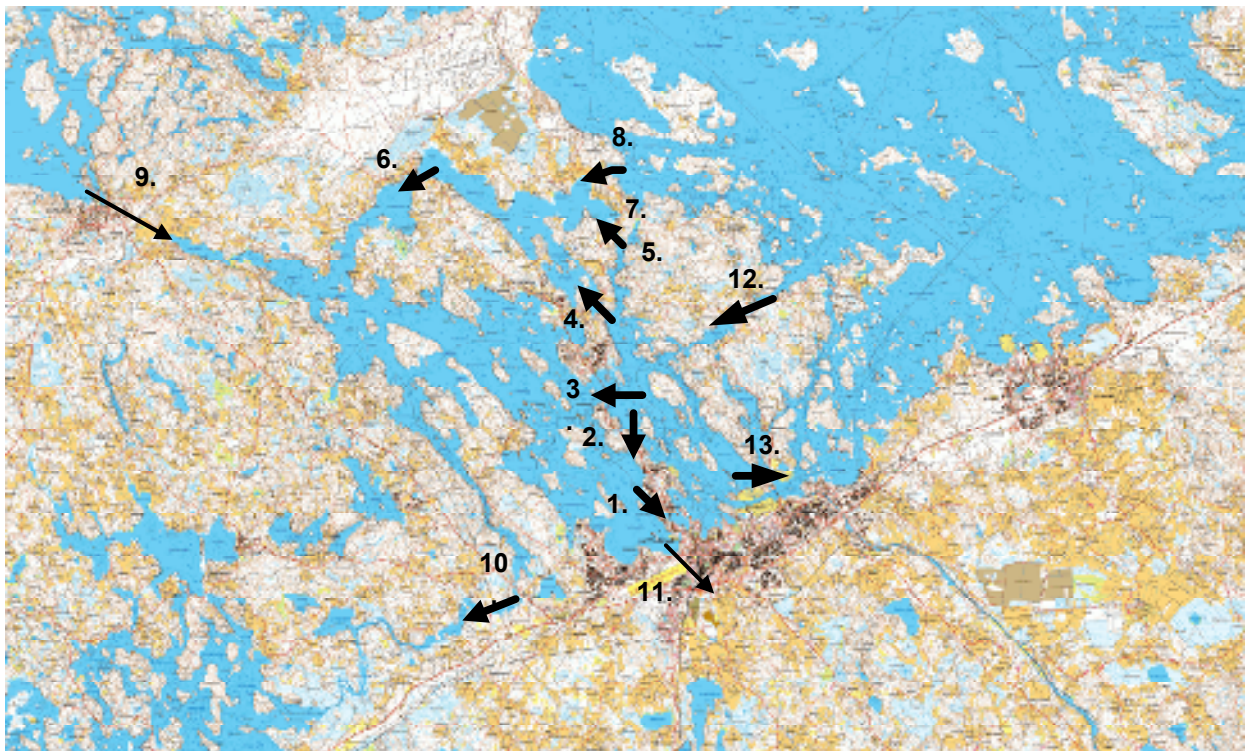
Voisalmessa on melko hiljainen virtaama Sunisenselältä Pallonlahdelle päin. Suunniteltu pumppaussuunta olisi luontaisen virtaussuunnan mukainen, koska tällöin voitaisiin järkevämmin ohjata Taipalsaarentien itäpuolista parempilaatuista vettä tien länsipuolelle aiheuttamalla paine-ero Voisalmeen. Tämä aiheuttaisi Taipalsaaren patotien itäpuolisen parempilaatuisen veden virtaamisen pääasiassa Kirjamoinisalmeista ja mahdollisesti Kivisalmesta länteen. Kirjamoinisalmeissa virtaus suuntautuu yleensä lännestä itään. Pumppaussuunnaksi valitaan kuitenkin päinvastainen suunta, koska tällöin pumppaamalla saataisiin jatkettua Vehkataipaleen pumppaamon virtaa länteen, jolloin sille muodostuisi luontainen poistoaukko Voisalmesta. Teoriassa virta ohjautuisi Voisalmen ja Kivisalmen kautta takaisin Vehkataipaleen virtaamaan. Pumppaaminen Kirjamoinisalmeissa edellyttäisi Voisalmen virtausaukkojen kasvattamista.

Käkeläntaipaleella veden pumppaaminen Maaveteen päin aiheuttaisi todennäköisesti kierroksen, jossa vesi kiertäisi Kopinsalmen ja Leväsensalmen kautta. Kopinsalmen kautta vesi palaisi läntisen Pien-Saimaan itäisiin osiin ja Leväsensalmen kautta läntisen Pien-Saimaan länsiosiin. Kopinsalmen pumppaamalla voitaisiin kierrättää vettä Kirkkosaaren ympäri vastapäivään. Tämä takaisi Vehkataipaleelta tulevan raikkaan veden kierron koko läntisen Pien-Saimaan länsiosalle. Leväsensalmen tarkastelua varten valitaan virtaussuunnaksi idästä länteen eli myös tässä tapauksessa pyritään kierrättämään Maaveden vesiä Kirkkosaaren ympäri vastapäivään.

Kutilan kanava vaihtoehdossa kanavan kautta tuotaisiin Suur-Saimaan hyvälaatuista vettä Pien-Saimaalle samoin, kuin Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehdossa. Kutilan kanavan yhteydessä virtaus olisi ohjattava Pien-Saimaan länsiosiin esimerkiksi Kopinsalmen pumpaamolla. Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehdossa Kuolimon hyvälaatuista vettä tuotaisiin Lavikanlahteen.

Rutola – Kivijärvi vaihtoehdossa vettä ohjattaisiin painovoiman avulla Kivijärven suuntaan. Sunisenselkä – Rakkolanjoki tarkastelussa tavoitteen on Sunisenselän veden pumppaaminen Rakkolajokeen.

Vehkataipaleen pumppaamon virtaaman kasvattamisessa virtaussuunta pidettäisiin luonnollisesti samana kuin se on nykyisin. Vehkataipaleen pumppaamon siirtämisessä Pappilansalmeen valitaan virtaussuunnaksi lännestä itään, sillä tällöin estetään Kaukaan jätevesivaikutuksen leviäminen Lappeenrannan kaupungin edustalle ja läntiselle Pien-Saimaalle. Kuvaan 19. on koottu tarkasteluun mukaan otetut virtausohjauksen toteutusvaihtoehdot ja virtaussuunnat.

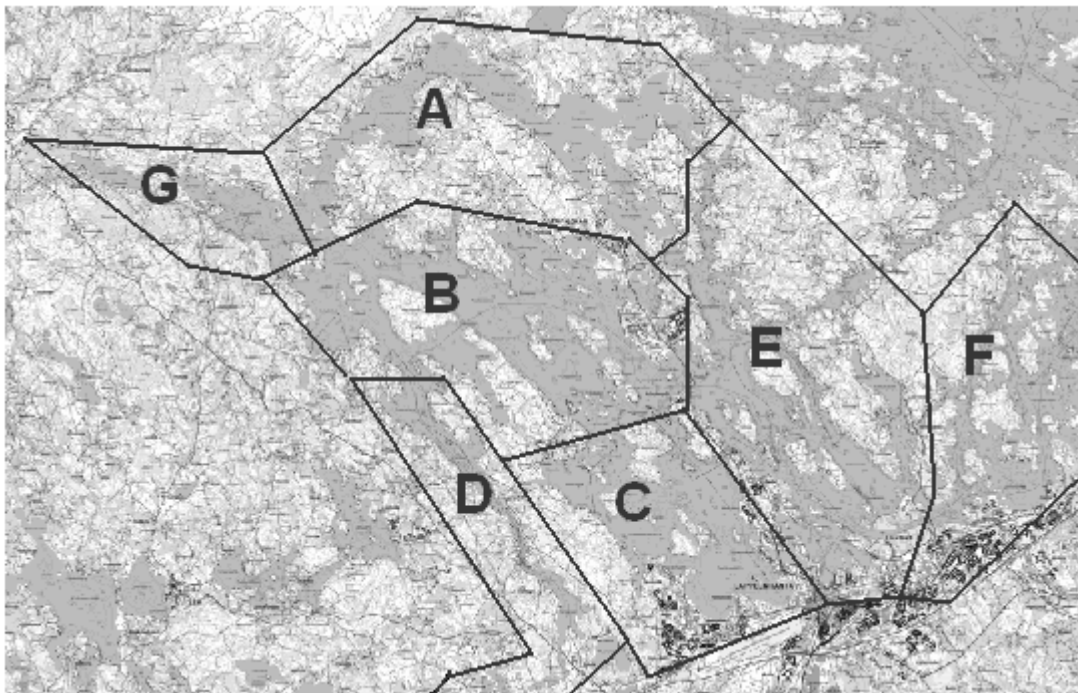


Kuva 19. Tarkastelua varten valitut virtausohjauksen toteutusvaihtoehdot ja virtaussuunnat (Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/09)

5.2 Tarkasteltujen pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen vaikutus eri alueiden vedenlaatuun ja vaihtoehtoisten sijoituspaikkojen esittely

5.2.1 Tarkasteltujen pumppaamon sijoituspaikkavaihtoehtojen vaikutus eri alueiden vedenlaatuun.

Asiantuntijoista, alueen toimijoista ja Pien-Saimaan projektiryhmän jäsenistä koostuva työryhmä kävi läpi selvityksen avulla tehdyn listan eri sijoituspaikkojen vaikutuksista eri vesialueiden vedenlaatuun. Asiantuntijaryhmä arvioi eri sijoituspaikkavaihtoehtoja hyödyntäen sovellettua QFD – menetelmää, joka on esitetty kappaleessa 3.1. Prosessissa jokainen osallistuja täyttää oman arviointimatriisin, joiden tiedot voidaan koota yhteen, jolloin saadaan kunkin arvioidun vaihtoehdon kokonaispisteet. QFD -matriisin haasteiksi on valittu Pien-Saimaan eri vesialueet, joiden jaottelu on esitetty kuvassa 20. Kuvan selitykset on esitetty taulukossa 10.



Kuva 20. Pien-Saimaan vesialueiden jaottelu QFD -arviointia varten. (Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 2009 A.; Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/09)

Taulukko 10. Kuvan 20 selitykset.

Alueen kirjain kartalla	Vesialueet
A	Maavesi ja Laitsaarenselkä
B	Riutanselkä ja sitä ympäröivät vesialueet
C	Sunisenselkä ja Syväveteistenselkä
D	Jokilahti
E	Läntisen Pien-Saimaan itäiset osat
F	Itäinen Pien-Saimaa
G	Lavikanlahti

QFD menetelmässä voidaan valita painotuskerroin eri haasteille sen mukaan kuinka merkittävä ko. haaste on projektin toteutuksen kannalta. Tässä selvityksessä painotusta ei kuitenkaan suoriteta, koska selvitys halutaan tehdä objektiivisesti siten, että ei oteta kantaa eri vaihtoehtojen välillä. Matriisin numerodata lasketaan yhteen, jolloin saadaan eri ratkaisuvaihtoehtoilta erilaisia pistearvoja. (Kortelainen 2009, suullinen tiedonanto 9.4.2009.)

Työryhmä kokoontui kahdessa osassa siten, että 8.6.2009 Lappeenrannassa kokoontuivat alueen toimijat ja asiantuntijat. Toisessa tapaamisessa 15.6 Kouvolassa kokoontuivat Pien-Saimaan projektiryhmän jäsenet. Tapaamisten yhteydessä osallistujilla oli mahdollisuus täyttää oma arviointi matriisi.

Saaduilla tuloksilla nähtiin ryhmän jäsenten mielipiteet eri vaihtoehtojen välillä. Lopputulokseksi valikoitunut vaihtoehto ei ole välttämättä paras, mutta antaa osviittaa ja asettaa vaihtoehdot tämän arviointikriteerin mukaiseen järjestykseen. Lopputulokseen vaikuttivat myös merkittävästi osallistujien omat mielipiteet, sillä arvioitavat haasteet ovat subjektiivisia. Täytyy siis huomata, että QFD:n tuloksia ei voi suoraan käyttää päätöksenteko välineenä, mutta arvioinnin tuloksia voidaan käyttää päätöksenteon tukena arvioitaessa eri sijoituspaikkavaihtoehtojen vaikutuksia eri alueiden veden laatuun. (Kortelainen 2009, suullinen tiedonanto 9.4.2009.) Arvioinnin avulla voidaan havaita myös ongelmakohdat eli sellaiset vesialueet, joihin ei arvioinnin suorittajien näkemyksen mukaan voidaan vaikuttaa yhdelläkään pumppaamonsijoituspaikkavaihtoehdolla. Arvioinnin avulla voidaan saada lisätietoa myös useamman eri pumppaamon käyttämisestä samaan aikaan. Laineen mukaan koko Pien-Saimaan alueen kattaminen yhdellä pumpulla on hankalaa, joten tulisi pohtia

useamman eri pumppaamon vaihtoehtoa. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009.)
Taulukossa 11. on laskettu yhteen QFD-arvioinnin suorittajien arviot.

Taulukko 11. QFD-arviointien koonti

Pumppaamon sijoituspaikat	Maavesi ja Laitsaarenselkä	Riutanselkä ja sitä ympäröivät vesialueet	Sunisenselkä ja Syväveteistenselkä	Jokilahti	Läntisen Pien-Saimaan itäisetosat	itäinen Pien-Saimaa	Lavikanlahti	Yhteensä
Kolhonlahti - Kolinlahti	16	10	10	3	2	3	3	47
Kutilan kanavan yhteydessä Kopinsalmi	16	11	8	2	3	3	1	44
Kuolimo - Lavikanlahti	1,5	6	4	2	1	2	16	32,5
Vehkataipaleen virran kasvattaminen	1	4	5	3	11	8	0	32
Kirjamoinsalmi	0	12	10	0	-1	1	0	22
Käkeläntaipale	13	5	4	1	-3	1	0	21
Leväensalmi	11	6	2	0	-2	1	1	19
Kopinsalmi	12	5	3	1	-4	1	0	18
Pappilansalmi	0	0	0	0	8	8	0	16
Kivisalmi	0	1	12	0	-2	1	0	12
Rutola - Kivijärvi	0,5	6	0,5	12	-3	-5	-1	10
Voisalmi	0	1	7	0	-2	1	0	7
Sunisenselkä - Rakkoaljoki	0	0	3	0	-1	-1	0	1

Parhaat kokonaispisteet sai Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehto, jolla katsotaan olevan positiivinen vaikutus erityisesti Maaveteen, Laitsaarenselkään, Riutanselkään, Sunisenselkään ja Syväveteistenselkään. Lähes vastaavat pisteet ja vaikutukset arvioitiin olevan Kutilan kanavan yhteydessä Kopinsalmen pumppaamolla. Kolmanneksi parhaat pisteet sai Vehkataipaleen pumppaustehon lisääminen, jolla arvioitiin olevan positiivinen vaikutus erityisesti läntisen Pien-Saimaan länsiosiin ja itäiseen Pien – Saimaaseen. Vaikutusten oli arvioitu ulottuvan myös Sunisenselän ja Syväveteistenselän alueelle sekä Riutanselän alueelle. On otettava huomioon, että tässä vaihtoehdossa ei oletettu Kirjamoinsalmen virtausaukkojen suurentamista, mikä lisäisi vaikutuksia Sunisenselän alueeseen. Pappilansal-

men pumppaamon vaikutukset arvioitiin Vehkaihpaleen pumppaustehon lisäämiseen verrattuna suppeammiksi. Tästä syystä jätetään Vehkaihpaleen pumppaamon siirtäminen Pappilansalmeen pois jatkotarkasteluista. Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehto nähtiin myös merkittävänä vaihtoehtona, jolla olisi positiivisia vaikutusta erityisesti Lavikanlahden alueeseen.

Eteläisen Pien-Saimaan vaihtoehtoista Kirjamoinssalmi arvioitiin selkeästi vaikutuksiltaan parhaaksi vaihtoehdoksi. Sen katsottiin vaikuttavan Riutanselän alueeseen ja Sunisenselkä – Syväveteistenselkä alueeseen. Voisalmen ja Kivisalmen pumppaamoiden vaikutusten katsottiin ulottuvan lähinnä Sunisenselän ja Syväveteistenselän alueelle ja Kivissalmi arvioitiin hieman Voissalmea paremmaksi vaihtoehdoksi. Kirjamoinssalmi erottui selkeästi vaikutusarvioiden pohjalta Voissalmesta ja Kivissalmesta, joten jätetään Voissalmen ja Kivissalmen pumppaamovaihtoehdot pois jatkotarkasteluista.

Maaveden pumppaamovaihtoehdot Käkeläntaipale, Kopinssalmi ja Leväsensalmi arvioitiin vaikutuksiltaan melko tasaisiksi. Näistä Käkeläntaipale sai aavistuksen muita paremmat pisteet. Näiden vaihtoehtojen katsottiin vaikuttavan erityisesti Maaveden alueeseen. Maaveden sisäisten kiertojen arvioitiin vaikuttavan negatiivisesti läntisen Pien-Saimaan itäosien tilaan pitkällä aikavälillä.

Rutola – Kivijärvi vaihtoehdolla arvioitiin olevan positiivinen vaikutus erityisesti Jokilahden alueeseen, mutta myös negatiivisia vaikutuksia etenkin läntisen Pien-Saimaan länsiosiin ja itäiseen Pien-Saimaaseen. Sunisenselkä – Rakkolanjoki vaihtoehtoon vaikutukset arvioitiin kokonaisuudessaan olemattomiksi. Koska näiden kahden vaihtoehtoon vaikutukset arvioitiin mitättömiksi ja osittain negatiivisiksi, jätetään molemmat vaihtoehdot jatkotarkasteluiden ulkopuolelle.

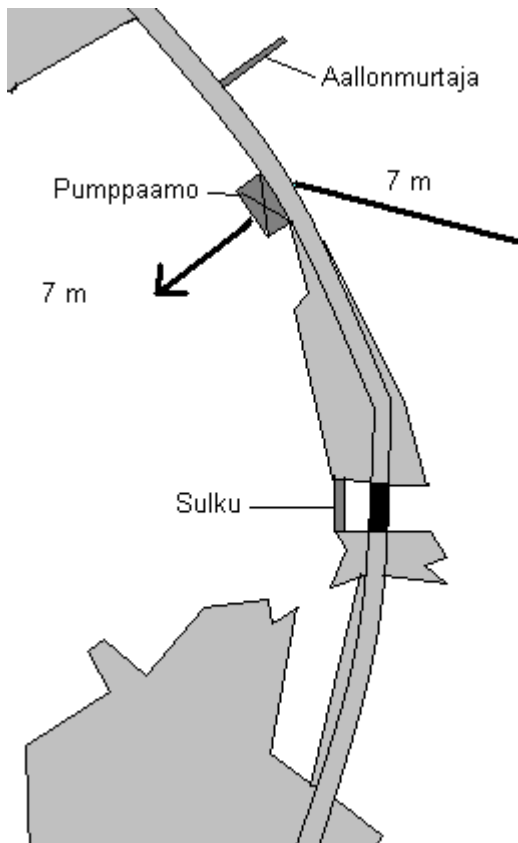
5.2.2 Pumppaamon vaihtoehtosten sijoituspaikkojen esittely

Seuraavassa on esitelty lyhyesti luvussa 5.2.1 jatkotarkasteluihin mukaan valitut virtausohjauksentoteutusvaihtoehdot. Kussakin kohdassa on esitetty perustietoja sijoituspaikasta ja siihen liittyvistä erityisominaisuuksista ja virtausohjauksen toteuttamisesta ko. vaihtoehtossa. Jatkotarkasteluista poistettujen vaihtoehtojen kuvaukset on esitetty liitteessä III.

Kirjamoinsalmi

Kirjamoinsalmi on Kuivaketveleen ja Kirjamoinniemen välinen noin 820 metriä leveä salmi, jossa on Lappeenranta-Taipalsaari pengertien salmista suurin virtaus. Salmen keskellä on Kirjamoinsaari. (Veneily CD 2006.) Lappeenrannan ja Taipalsaaren välinen pengertie kulkee Kirjamoinsalmen itäpuolelta Kuivisaaren kautta. Patotie sulkee suurimman osan luontaista salmea ja ainoastaan Kuivaketveleen sillan kohdalla on noin 40 metriä leveä kallioon louhittu kanava. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009.) Ihmisen toiminta on rajoittanut eniten luontaista veden vaihtumista Pien-Saimaan virtausaukoista juuri Kirjamoinsalmessa. Kirjamoinsalmi yhdistää idässä Vehkasalonselän ja lännessä Jakkarselän. Kirjamoinsalmen kohdalla kulkee 2,4 metriä syvä vesiliikenneväylä Kirjamoinsaaren ja Kuivaketveleen välistä ja Kuivisaaren sillan ali. (Veneily CD 2006.) Laivaväylä hankaloittaa pumppaamon rakentamista Kirjamoinsalmeen, koska salmen sulkeminen kokonaan on laivaväylän takia mahdotonta.

Pumppaamon sijoittelussa nykyiseen silta-aukkoon rakennettaisiin verhosulku estämään virtauksen takaisinkierroja ja pumppaamo sijoitettaisiin Kuivisaaren sillan pohjoispuolelle patotielle. Kirjamoinsalmessa pohja on kivikkopohjaa ja osin mutapohjaa. (Veneily CD 2006.) Syvyydeltään Kirjamoinsalmi on patotien molemmilla puolilla hieman yli 10 metriä ja mataloituu tasaisesti rantoja kohden. Pumppaamo ei vaadi Kirjamoinsalmessa ruoppauksia, sillä vedensyvyys salmessa on luontaisesti riittävä suuremmillekin pumppausmäärille.

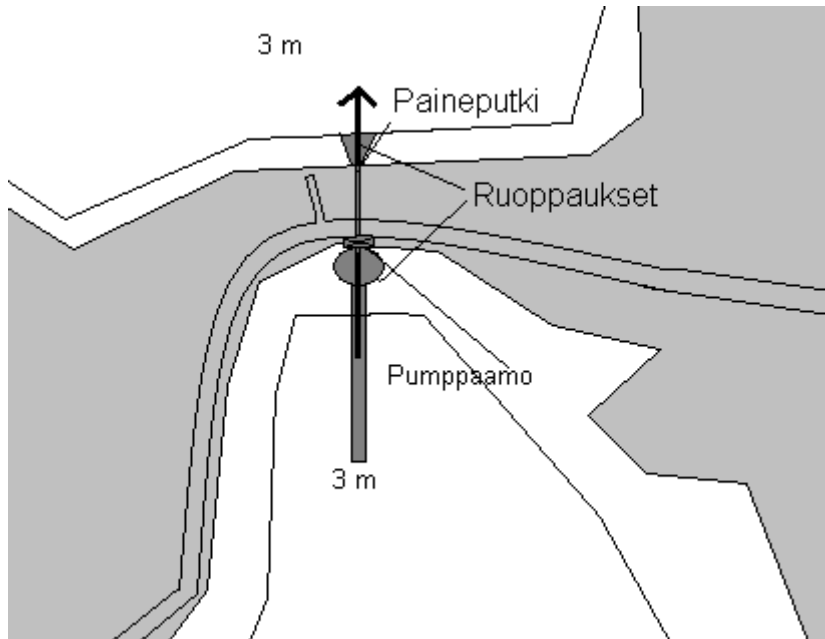


Kuva 21. Pumppauksen toteuttaminen Kirjamoinsalmessa (Maanmittauslaitos 2009.)

Käkeläntaipale

Maaveden kunnostussuunnitelman yhteydessä 2001 – 2004 konsultti laati selvityksen, jossa tutkittiin mahdollisuutta puhkaista aukko noin 100 metriä leveään Käkeläntaipaleen kannakselle Pien-Saimaan ja Ukonrannanlahden välille. (Maanmittauslaitos 2009.) Selvityksessä todettiin, että aukko tai putki vaatisi pumppaamon rakentamisen, jotta vesi vaihtuisi riittävästi. Selvityksessä todettiin pumppaamon olevan edullisempi ratkaisu kuin Maaveden siltojen uusiminen. Ongelmaksi kuitenkin muodostui jatkuvan rahoituksen saaminen käyttö- ja kunnossapitokustannuksiin. (Sallinen 2004.)

Tässä selvityksessä tutkitaan mahdollisuutta johtaa Ukonrannalahdelta vettä Maaveteen, joko putkisto- tai avokanavajärjestelyillä. Ukonrannanlahdella vaadittaisiin ruoppauksia ja jonkin verran myös Maaveden puolella, tosin siellä vesi syvenee nopeammin. Käkeläntaipaleella pitkin kulkee autotie, joten putki tai kanava tulisi rakentaa tien ali. Alueella on muutamia taloja, mutta kanavalle löytyisi sopiva paikka pienen mäen ja pihatien välistä. Parhaan hyödyn saavuttamiseksi Kopinsalmeen tarvittaisiin verhosulku, mikäli halutaan estää osan virtauksen kulkeutuminen läntisen Pien-Saimaan itäosiin.

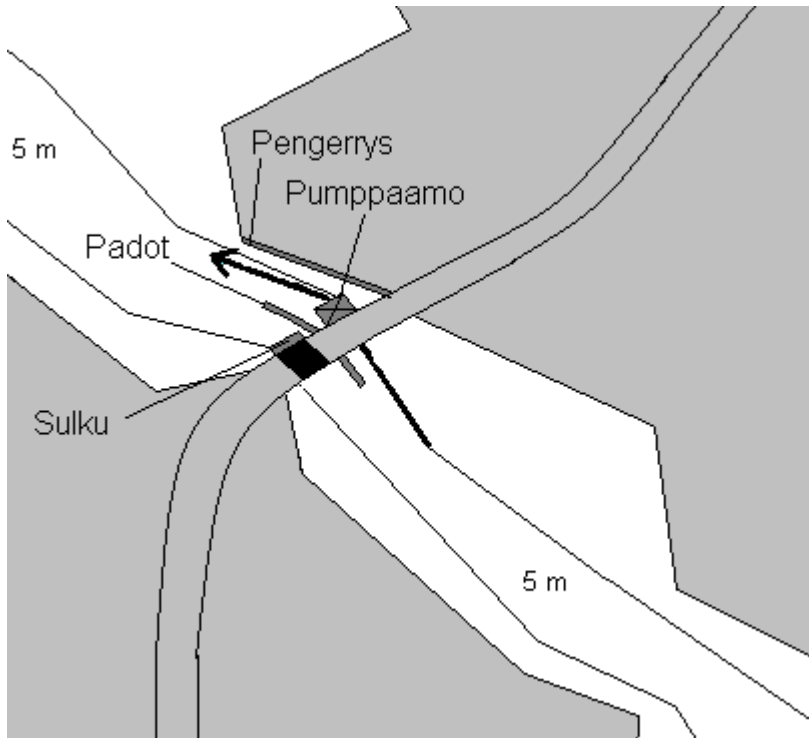


Kuva 22. Pumppauksen toteuttaminen Käkeläntaipaleella (Maanmittauslaitos 2009.)

Kopinsalmi

Kopinsalmi jää pohjoisessa ja idässä Rehulan ja lännessä ja etelässä Paakkolan väliin. Kopinsalmi yhdistää Kiitulanselän Umianlampeen ja Rainiolahteen. Umianlammesta on suora yhteys suunnitteilla olevaan Kutilan kanavaan ja sitä kautta Suur-Saimaalle. (Maanmittauslaitos 2009.) Kopinsalmi on noin 500 metriä pitkä ja 50 – 130 metriä leveä. Kopinsalmi on kauttaaltaan noin 5 metriä syvä. Kopinsalmen yli kulkee kapea silta. (Veneily CD 2006.) Pumppaus toteutettaisiin rakentamalla sulku nykyisen silta-aukon paikalle ja pumppaamo sijoitettaisiin sillan itäpuolelle pengertiehen. Tarvittaessa salmen pohjoisrantaa voidaan pengertää pumppaamon tuntumassa. Kopinsalmessa pohja on mutaa ja virtaus on melko heikkoa.

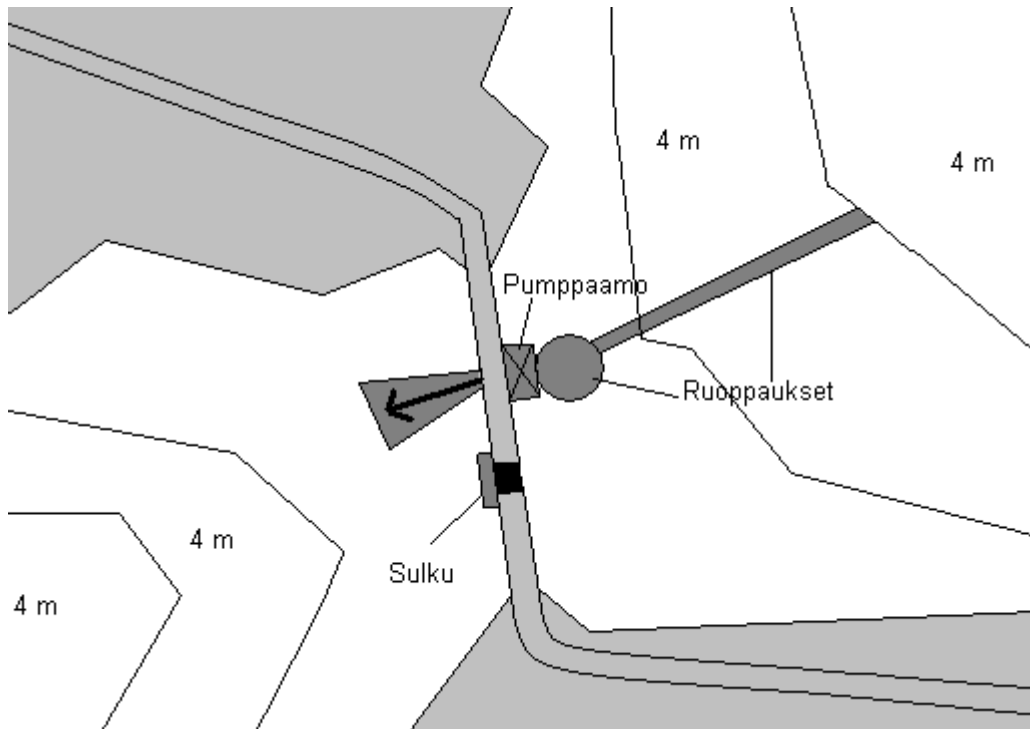
Erityisesti lähialueen asukkaat käyttävät Kopinsalmea vesiliikennereittinä pienveneillä. Kopinsalmen sillan silta-aukko on 7,75 metriä leveä ja alikulun korkeus on 1,3 metriä. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009.) Silta-aukkoon rakennettaisiin pienveneille sulku. Koska pumppaamo sijoitetaan aivan sulun tuntumaan, voidaan pohtia mahdollisuutta pienen padon rakentamisesta pumppaamon ja silta-aukon väliin, jotta estetään virtausnopeuden kasvu sulkujen edustalla.



Kuva 23. Pumpkauksen toteuttaminen Kopinsalmessa (Maanmittauslaitos 2009.)

Leväsensalmi

Leväsensalmi yhdistää Maaveden länsiosat Laitsaarenselkään. Leväsensalmi jää Leväsen ja Kirkkosaaren väliin. (Maanmittauslaitos 2009.) Leväsensalmi on Leväsensalmen sillan kohdalla noin 230 metriä leveä. (Veneily CD 2006.) Leväsensalmen silta-aukon leveys on 13,3 metriä ja alikulun korkeus 1,2 metriä. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009.) Salmessa on pienveneliikennettä, joten pumppaamon rakentaminen vaatisi mahdollisesti sulun rakentamista pienveneille. Pumppaus toteutettaisiin rakentamalla sulku silta-aukkoon ja asettamalla pumppaamo pengertielle. Salmessa on hidas virtaus, jonka suunta on riippuvainen tuulten suunnasta. Salmi on noin 2 metriä syvä ja mutapohjainen. (Veneily CD 2006.) Varsinkin suuremmilla pumppausmäärillä vaadittaisiin kohtalaisen suuria ruoppauksia etenkin imupuolelle. Leväsensalmea voidaan ajatella vaihtoehtona Kopinsalmelle. Leväsensalmi on leveämpi, mutta matalampi Kopinsalmeen verrattuna.



Kuva 24. Pumpkauksen toteuttaminen Leväsensalmessa (Maanmittauslaitos 2009.)

Kutilan kanava

Taipalsaaren Rehulaan on pitkään ollut vireillä suunnitelma Kutilan kanavan rakentamisesta. Kanava rakennettaisiin 500 metriä leveään Kutilantaipaleen poikki, joka yhdistäisi Pien-Saimaan ja Suur-Saimaan. Kanava lyhentäisi veneilijöiden matkaa eteläiseltä Saimaalta pohjoiseen ja loisi uuden huviveneilyreitit. Kanavan rakentaminen vaatisi sulkulaitteistojen rakentamista, jotta voitaisiin estää Vehkantaipaleen pumppaamon vedenkierto takaisin Suur-Saimaalle Kutilan kautta. Kanavan rakentaminen aiheuttaisi luontaista vedenvaihtumista ja liikkumista kanavan yli, millä saattaa olla positiivinen vaikutus läntisen Pien-Saimaan itäosien tilaan. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2000; Maanmittauslaitos 2009.) Tämä alue ei tosin vaadi akuuttia kunnostusta.

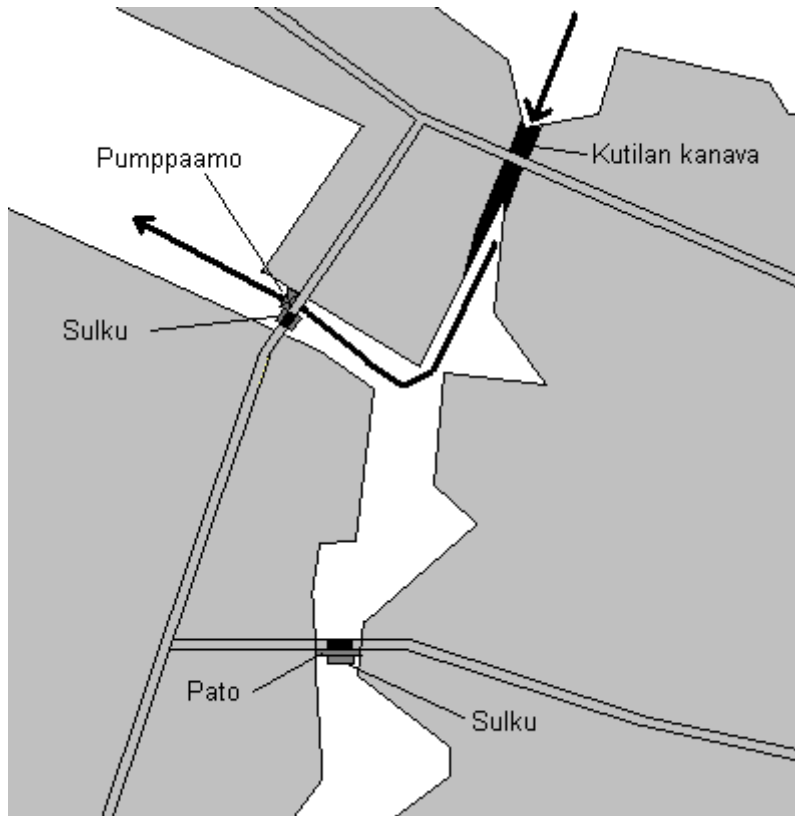
Rakennettavan väyläosan kokonaispituus olisi noin 10,5 kilometriä, josta perattavaa tai kaivettavaa olisi noin 2 kilometriä. Kanavan ja väylien kulkusyvyys olisi 2,4 metriä. Kanava on suunniteltu rakennettavaksi 1:2 luiskilla, jotka verhotaan kivihetteikolla. Kutilan kannakselle on suunniteltu siltaa kanavan yli. Kuivana poistettavien massojen kokonaismääräksi on arvioitu 160 000 m³ ja ruoppausmassojen määräksi 193 000 m³. (Kaakkois-

Suomen ympäristökeskus 2000) Kutilan kanavan kokonaiskustannuksiksi on arvioitu 7,8 miljoonaa euroa, josta sillan osuus on noin 1,6 miljoonaa euroa.

Kanavan rakentamista koskevan esityksen tekivät Lappeenrannan kaupunki, Taipalsaaren kunta ja Etelä-Karjalan liitto 4.5.1982. Kanava olisi avokanava, mutta hankkeesta vastaavan on varauduttava joko paineilmalla tai mekaanisesti nostettavan virtausesteen rakentamiseen. Esteellä voidaan pienentää kanavan vaikutusta jääpeitteen paksuuteen. Kanavan yli on suunniteltu rakennettavan noin 10 metriä leveä ja 118 metriä pitkä silta. Silta on rakenteeltaan laattapalkkisilta. Siihen tulee maatukien lisäksi 2 välitukea. Siltarakenteiden alareunan korkeudeksi on suunniteltu 25 m:n matkalla kanavan keskilinjasta molempiin suuntiin alikulkukorkeudeksi vähintään 18 m. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2000.)

Kutilan kanavan rakentamisen vaikutuksia Vehkataipaleen pumppaamon virtauksiin on selvitetty. Jos Kutilaan rakennettaisiin avokanava, Vehkataipaleen pumppaamon virtaamasta osa ohjautuisi tietyillä tuuliolosuhteilla pohjoiseen Kutilan kanavan kautta Suur-Saimaalle. Tällöin on arvioitu, että Vehkataipaleen pumppaamon virrasta noin 8–11 % ja korkean veden aikaan 13 % kulkeutuisi Kaukaan tehtaiden kannalta väärään suuntaan. (Forsius 1989, 2.) Tästä johtuen Kanavan rakentamisen yhteyteen on vaadittu verhosulkuja, jotka estäisivät virtauksen karkaamisen Kutilan kautta Suur-Saimaalle. Verhosulut sulkeutuisivat aina, kun virtausmittarit rekisteröisivät virtauksen kääntyvän väärään suuntaan. Veneilijät pystyisivät avaamaan sulun manuaalisesti, jolloin veneliikenne ei estyisi sulun ollessa suljettuna. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.)

Kutilan kanavan hyödyntäminen Pien-Saimaan kunnostuksessa olisi järkevintä siten, että sen kautta ohjattaisiin Suur-Saimaan hyvälaatuista vettä Maavedelle. Tätä varten pitäisi rakentaa sulku ja pato, joko Toijansalmeen tai Pälpäisalmeen. Sulku sallisi veneiden kulun Kutilan kanavaa kohden, mutta estäisi virtaaman kulkeutumisen etelämmäs, jolloin se ohjautuisi Kopinsalmen kautta Maavedelle. Toijansalmi on noin 130 m leveä ja syvimmillään noin 8 metriä. Pälpäisalmi on noin 140 metriä leveä ja syvimmillään noin 9 m syvä. Ongelmana molemmissa salmissa on asutuksen läheisyys. Toijansalmen yli kulkee silta, jolloin sillan rakenteita voitaisiin hyödyntää sulkujen ja padon rakentamisessa. (Maanmittauslaitos 2009.)



Kuva 25. Kutilan kanavan ja Kopinsalmen pumppaamon yhdistäminen (Maanmittauslaitos 2009.)

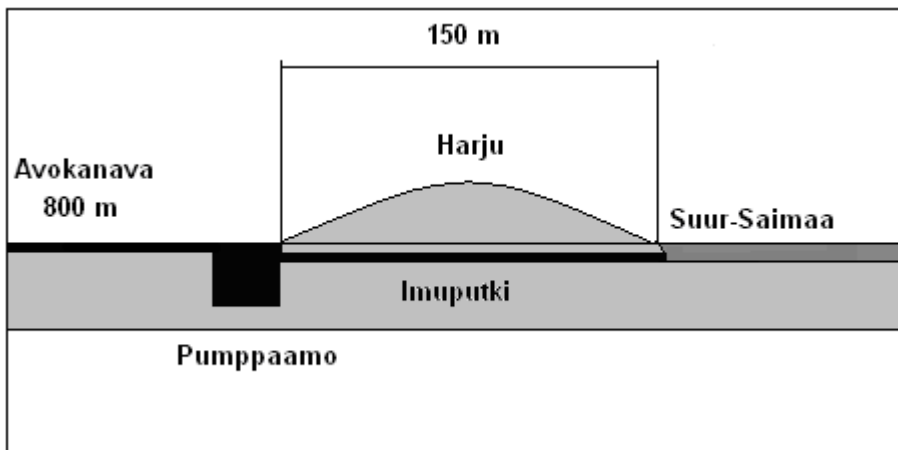
Pien-Saimaan läntisen osan virtausolosuhteiden parantamisen kannalta Kutilan kanava ei olisi erityisen edullinen ja vaatisi suuria järjestelyjä, jotta vesi Pien-Saimaan läntisellä osalla saataisiin tehokkaasti vaihtumaan. Tämän vuoksi seuraavassa esitellään suunnitelma Kolhonlahti – Kolinlahti.

Kolhonlahti – Kolinlahti

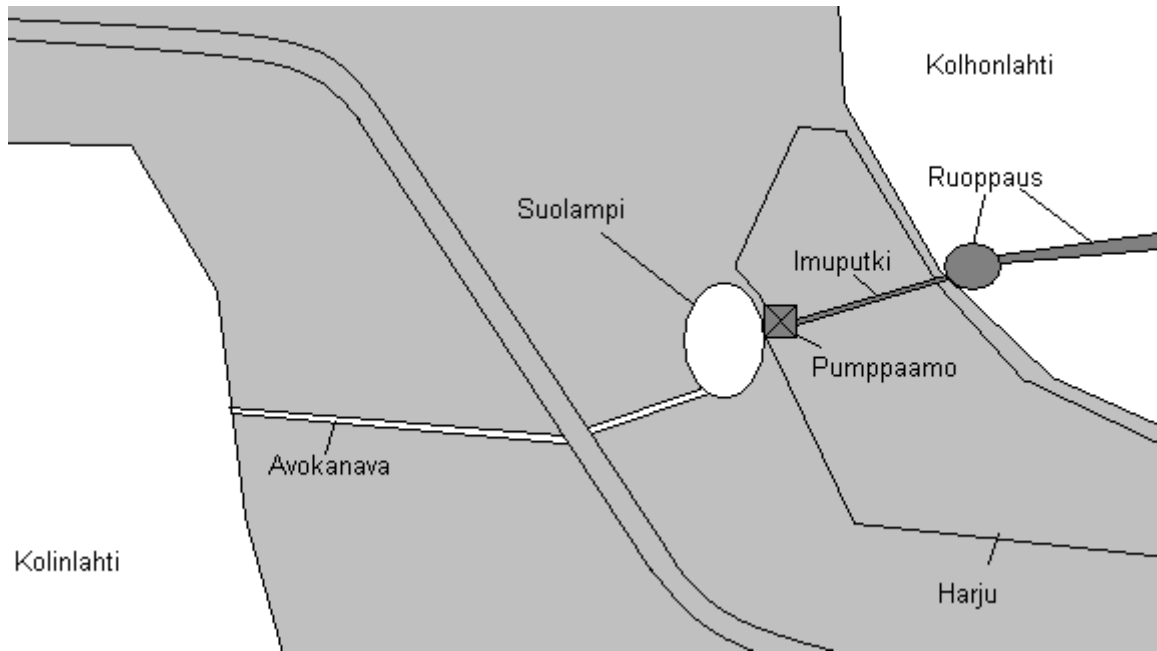
Suur-Saimaan ja Pien-Saimaan välille voitaisiin toteuttaa yhteys Taipalsaaren Rehulan alueella. Paras paikka tälle vaihtoehdolle olisi Kolinlahden ja Kolhonlahden välinen kannas. Avokanavan ja putkiston yhdistelmällä saataisiin raikasta vettä siirretyksi Suur-Saimaalle Maaveteen. Pumppaamo sijoitettaisiin kannaksen keskiosan itäpuolelle pienen suolampareen ja harjun välille. Pumppaamon imuputki vedettäisiin noin 150 metriä leveään harjun läpi Suur-Saimaalle. Harjun korkeus on enimmillään noin 7,5 – 10 metriä ympäristöä korkeammalla. (Maanmittauslaitos 2009.) Pumppaamon painepuolelle rakennettaisiin noin 800 metriä – 1000 metriä pitkä avokanava. Avokanava seurailisi mahdollisuuksien mukaan suolampareta ja olemassa olevaa ojaa ja laskisi Maaveden Kolinlahteen. Parhaan

tuloksen saavuttamiseksi Kopinsalmi vaatisi jonkinlaisen virtausesteen rakentamisen, jotta virtaama saataisiin kiertämään Kirkkosaaren ympäri vastapäivään, eikä menetettäisi virtaamaa läntisen Pien-Saimaan itäosiin Kopinsalmen kautta. Kolhonlahden edustalla pohja on kivikkopohjaa ja Kolinlahdella vaihtelevat savi- ja mutapohja. (Veneily CD 2006.) Kolhonlahdella vaadittaisiin ruoppauksia imuputkensen edustalla. Kolinlahti on pitkälle matala, mutta leveyden ansiosta virtauspoikkipinta-ala on kohtalainen, jolloin virtausnopeudet eivät nouse kohtuuttoman suuriksi.

Tämä vaihtoehto ei myöskään häiritse Vehkataipaleen virtaamaa, koska vedet kiertäisivät Maaveden ja siirtyisivät sieltä etelämmäs kohti Sunisenselkää. Vedet purkautuisivat Lappeenranta-Taipalsaari-patotien aukoista sen itäpuolelle ja liittyisivät Vehkataipaleen virtaamaan. Tällöin Vehkataipaleen virtaama kasvaisi ja Kaukaan edustalle virtaisi aiempaa enemmän puhdasta vettä, joka edesauttaisi itäisen Pien-Saimaan saattamista vesipuitedi-
rektiivin mukaiseen kuntoon.(Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.)



Kuva 26. Kolinlahden ja Kolhonlahden välisen pumpkausjärjestelyn sivukuva

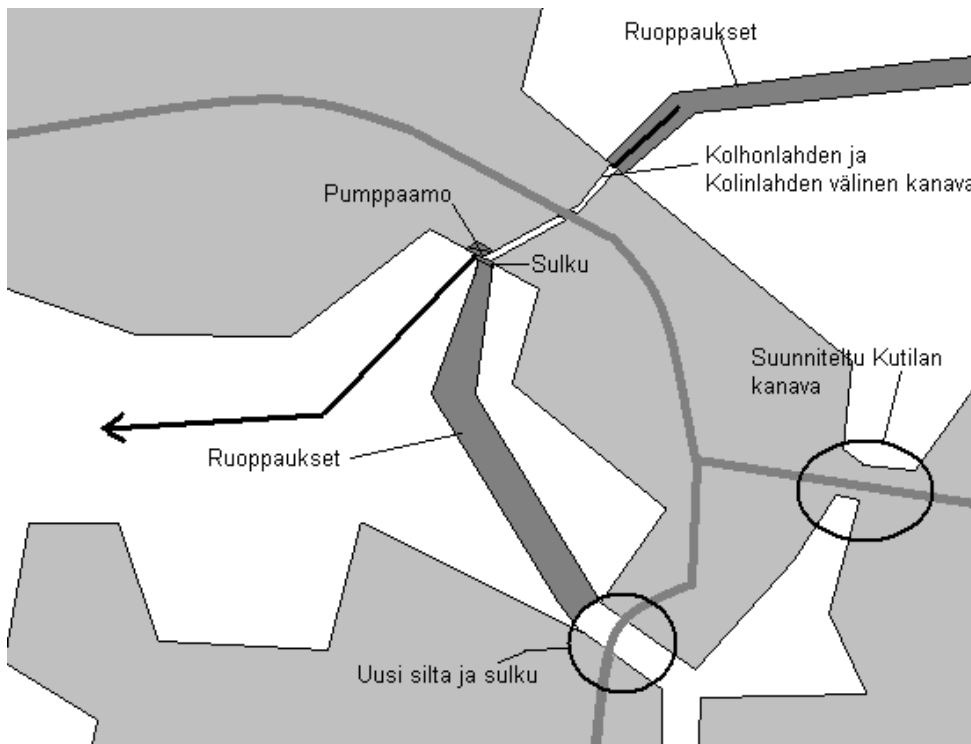


Kuva 27. Kolhonlahti - Kolinlahti linja (Maanmittauslaitos 2009.)

Kolinlahden ja Kolhonlahden välisellä maakaistaleella on muutamia yksityisiä maanomistajia. (Pennanen 2009, yksityinen sähköpostiviesti 21.4.2009)

Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehto voitaisiin myös toteuttaa, siten, että alun perin Kutilaan suunniteltu kanava rakennettaisiinkin Kolhonlahden ja Kolinlahden välille. Tällöin voitaisiin pumppaamo rakentaa samalla kanavan yhteyteen ja pumpata kanavan välityksellä Suur-Saimaan vettä Maavedelle. Kolhonlahti – Kolinlahti kanava olisi pumppauksen kannalta helpommin järjestettävissä, kuin Kutilan kautta, koska tällöin ei tarvittaisi suuria patorakennelmia Toijansalmeen. Kolhonlahden ja Kolinlahden välinen kanava vaatisi uuden sillan rakentamista Kopinsalmeen, mutta Kopinsalmen silta on joka tapauksessa uusimisen tarpeessa. Silta-aukon tulisi olla riittävä vesiliikenteelle. Kopinsalmen ja Kolinlahden välille täytyisi vesiliikennettä varten ruopata väylä, samoin kuin Kolhonlahdelle. Tämän lisäksi kanavan yli tulisi rakentaa silta tietä 14784 varten. Pumppaus voitaisiin järjestää siten, että pumppaamo sijoitettaisiin kanavan yhteyteen ja Kopinsalmen uusittavan sillan yhteyteen rakennettaisiin sulku. Tällöin voitaisiin estää virtaus Kopinsalmen kautta etelään. Pumppaamon avulla pakotettaisiin virtaus kiertämään Maaveden kautta Kirkkoisaaren ympäri vastapäivään. Kanavan rakentaminen vaatisi Kopinsalmen ohella myös mahdollisesti pumppaamon tuntumaan sulun.

Kolhonlahden ja Kolinlahden välille rakennettavasta kanavasta tulisi jonkin verran pidempi (noin 1000 metriä), kuin Kutilan suunnitellusta kanavasta (400 metriä). (Maanmittauslaitos 2009) Maaperä Kolhonlahden ja Kolinlahden välillä on oletettavasti hiekkamaata, jolloin kanavan rakentamista varten tarvittaisiin kiviainesta muualta. Kutilan kanava on suunniteltu rakennettavaksi kallion lävitse, jolloin kallion louhinnasta saataisiin tarvittava kiviaines. Lisäksi kalliroleikkaus ei vaadi samanlaisia tukirakenteita kuin hiekkamaahan rakennettava kanava. Kolinlahden ja Kolhonlahden välisen kanavan etuna olisi, että tällöin kanava palvelisi sekä veneilijöitä, että virtausohjausta. Tässä vaihtoehdossa voidaan pohtia myös pumppaamon sijoittamista Leväsensalmeen, jolloin pumppaamon avulla aiheutettaisiin imu Kolhonlahden ja Kolinlahden väliseen kanavaan.



Kuva 28. Kolhonlahden ja Kolinlahden välinen kanava

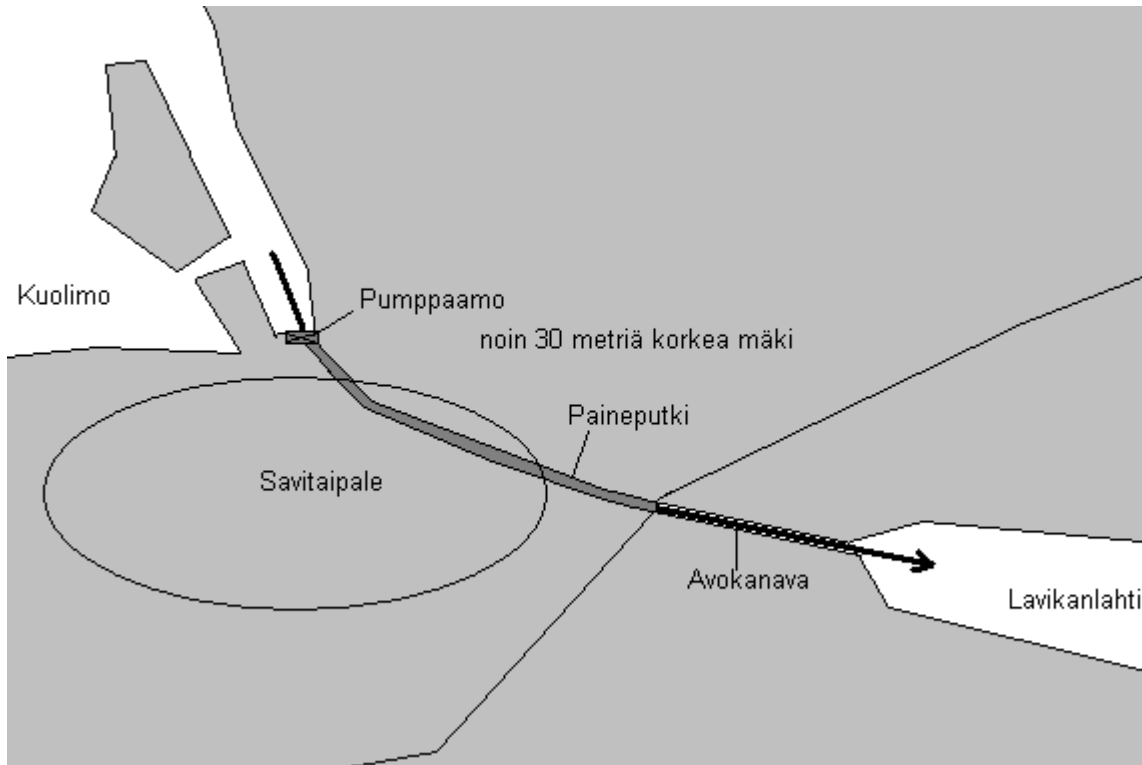
Kolhonlahden ja Kolinlahden välillä voidaan pohtia vaihtoehtoa, voidaanko virtaus toteuttaa ilman pumppausta. Tämä perustuisi siihen, että Rastivirta ylläpitää veden painetta Suur-Saimaan puolella ja virtaussuunta Kolhonlahden ja Kolinlahden välisessä virtausaukossa olisi todennäköisesti suurimman osan ajasta Maavedelle päin. Samansuuntaisia tuloksia arvioitiin Kutilaan rakennettavan avokanavan kohdalla. Ongelmia saattaisi kuitenkin aiheutua Vehkataipaleen pumppaamon virrälle, mikäli virtaussuunta kääntyisi

päin vastaiseksi sopivissa olosuhteissa. Näin todettiin käyvän Kutilan kanavan yhteydessä Forsiuksen selvityksissä. Pelkän avokanavan virtausten voimakkuutta on kuitenkin hankala arvioida.

Kuolimon veden pumppaaminen Lavikanlahteen

Kuolimon veden tuominen Pien-Saimaalle onnistuisi parhaiten Lavikanlahden kohdalla. Kuolimo kuuluu Vuoksen vesistöön ja sen vesitilavuus on noin 653 milj. m³. Kuolimon vesi on hyvälaatuista, joten se soveltuisi hyvin Pien-Saimaaseen johdettavaksi lisävedeksi. Kuolimo laskee Partakosken ja Kärnäkosken välityksellä Suur-Saimaaseen. Kuolimoon ei laske yhtään jokea. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2006, 3.)

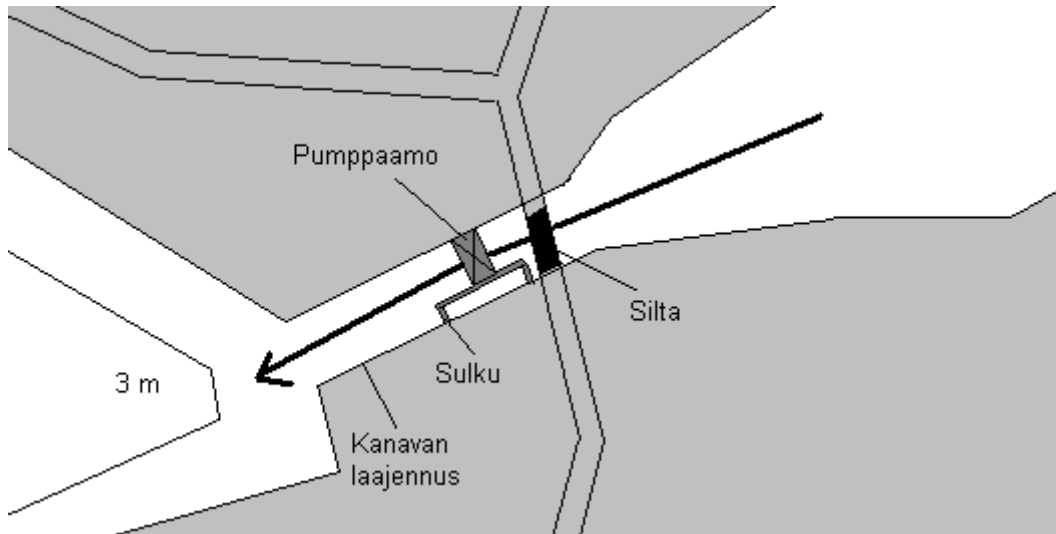
Kuolimon korko on 77.0 metriä meren pinnan yläpuolella. Lavikanlahden korko on yli metrin alempana eli 75,7 m korkeudessa. Etäisyyttä on lyhimmillään kartasta mitattuna noin 3,2 km. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että maasto on korkeaa ja kallioista vesialueiden välillä ja pumppaamista varten vesi tulisi saada jopa 115 metriä meren pinnan yläpuolelle, jolloin vaadittava nostokorkeus pumpulta olisi jopa 38 metriä. (Maanmittauslaitos 2009.) Vaihtoehtoisesti tarvittaisiin erittäin suuria maansiirtotöitä tai tunnelinrakennusta. Ongelmaksi muodostuu myös tiheä asutus ja liikenneväylät Kuolimon ja Lavikanlahden välisellä maakaistaleella. Kuolimon ja Lavikanlahden väliset alueet ovat Savitaipaleen kunnan alueella. Lavikanlahti on matala ja mutapohjainen, joten alueella vaadittaisiin kohtalaisia ruoppauksia. Tällä vaihtoehdolla olisi erityisesti vaikutusta Lavikanlahden vedenlaatuun, mutta Kuolimosta saatavilla oleva pieni virtausmäärä ei vaikuttaisi merkittävästi koko Pien-Saimaaseen. Lavikanlahden vedenlaatu on kaikkein heikointa Pien-Saimaan alueista. Muilla vaihtoehdoilla Lavikanlahden veden vaihtaminen on hankalampaa. Eräs vaihtoehto voisi olla putken vetäminen Lavikanlahden suulta sen pohjukkaan ja veden kierrättäminen Lavikanlahden pohjukasta kohti lahden suuta. Tällöin voitaisiin pyrkiä parantaa vedenlaatua varsinkin, jos Maavedelle saadaan hyvälaatuista vettä. (Maanmittauslaitos 2009.)



Kuva 29. Pumpkauksen toteuttaminen Kuolimon ja Lavikanlahden välillä (Maanmittauslaitos 2009.)

Vehkataipaleen pumppaustehon nostaminen

UPM-Kymmenen Kaukaan tuotantolaitosten Vehkataipaleen pumppaamolla on merkittävä rooli Pien-Saimaan vedenlaatuun. Se estää Kaukaan jätevesien vaikutuksen länteen ja laimentaa ja nopeuttaa jätevesien kulkeutumista itään. Nostamalla Vehkataipaleen pumppaamon virtaamaa $40 \text{ m}^3/\text{s}$:stä $60 \text{ m}^3/\text{s}$:n voitaisiin nopeuttaa jätevesien laimenemista entisestään ja vähentää niiden vaikutusta läntiseen Pien-Saimaaseen. Tällöin voitaisiin pohtia myös mahdollisuuksia ohjata osa virrasta Lappeenrannan ja Taipalsaaren välisen patotien länsipuolelle, joko toisella pumppaamolla tai luomalla virtausaukkoja patotiehen. Pumpaamon virtaaman nostaminen vaatisi kolmannen pumpun rakentamista tai jo olemassa olevien pumppujen uusimista, mikä sinänsä olisi tarkoituksenmukaista niiden nykyisen heikon hyötysuhteen vuoksi. Uusilla pumpuilla voitaisiin energiankulutusta vähentää jopa merkittävästi samalla, kun virtausmäärä kasvaisi. Virtauksen nosto vaatisi ehkä myös laajennustöitä nykyisessä avokanavassa. Pumppaamon luontainen imupuolen kanava on noin 3,5 kilometriä pitkä ja painepuolen kanava 4,5 kilometriä pitkä. Vehkataipaleen pumppaamolla saataisiin tuotua Suur-Saimaan vettä jo olemassa olevan kanavan avulla, jolloin vältyttäisiin uuden kanavana rakentamisen mukanaan tuomilta ongelmilta. (Maanmittauslaitos 2009.)



Kuva 30. Vehkatakiaipaleen pumppaamon tehon kasvatus

5.3 Virtausohjauksesta aiheutuvien riskien tunnistaminen ja arviointi Pien-Saimaalla

Tässä luvussa käydään läpi teoriaosuuden luvussa kolme esitettyjä rajoituksia, huomioon otettavia asioita ja potentiaalisia riskejä, joita virtausohjauksen toteuttamiseen liittyy. Aluksi käydään läpi yksi kerrallaan Pien-Saimaan alueella tunnistettuja riskejä ja niiden ominaisuuksia. Tämän jälkeen arvioidaan tunnistettuja riskejä ja pohditaan merkittäväksi tunnistetuille riskeille riskienhallinta toimenpiteitä, joiden avulla ko. riskin todennäköisyyttä voidaan pienentää tai sen vaikutuksia vähentää.

5.3.1 Riskien tunnistaminen

Ravinteikkaan veden kulkeutuminen muihin vesistönsiin

Euroopan unionin vesipuitedirektiivin tavoitteena on saattaa Euroopan unionin alueen vesistöjen tilaksi hyvä vuoteen 2015 mennessä. Vesistön kunnostushanke ei saisi hankaloittaa vesipuitedirektiivin tavoitteita muissa vesistöissä kunnostettavan vesistön kustannuksella. Riskinä lisäveden tuomisessa saattaa olla ravinteikkaan ja vähähappisen veden siirtyminen muihin vesistönsiin. (Ulvi 2005, 205.) Tämä saattaa aiheuttaa rehevöitymistä sellaisilla alueilla, joilla sinileväkukintaa ei ole ollut aiemmin lainkaan tai yhtä runsaasti. Tämä voidaan luokitella myös ympäristönsuojelulain kieltämäksi vedenlaadun heikentämiseksi. Tämä saattaa tarkoittaa myös vesilain 1 luvun 15 § mukaista kieltoa aiheuttaa vahinkoa

toisen vesialueelle. Läntisen Pien-Saimaan pohjoisissa osissa vesi on sameampaa ja humuspitoisempaa kuin etelämpänä, jolloin pumppaustoiminta saattaa aiheuttaa veden kirkastumista siellä missä se on nyt sameaa ja lievää samentumista siellä missä se on nyt kirkasta. Veden sameudun muutos vaikuttaa myös välillisesti leväkukintojen määriin, sillä kirkkaammassa vedessä auringonvalo pääsee tehokkaammin alempiin vesikerroksiin, jolloin levien yhteyttäminen kiihtyy. Samean veden kulkeutuminen aiemmin kirkkaamman veden alueelle, saattaa sen sijaan vähentää sinileväkukintoja. Voimistunut virtaus saattaa kerätä sinilevää tiettyihin paikkoihin, joissa niistä aiheutuu haittaa.

Hydrologi Antti Haapalan mukaan virtauksen lisääminen tulisi suunnitella tarkoin, sillä hänen mielestään on parempi, että huonokuntoisen ja rehevöityneen Lavikanlahden vedet eivät lähde vauhdilla liikkeelle. (Leskinen 2009 B.)

Ongelmia aiheutuu myös, jos ravinnepitoista vettä siirretään pumppaamon vaikutuksesta Kaukaan edustalle. Kaukaan ympäristöluvassa määritellyt raja-arvot vesipäästöille ovat tiukat ja niiden saavuttaminen tulisi hankalammaksi, mikäli ylimääräisiä ravinteita pumpattaisiin Kaukaan vedenottamon edustalle. Lisäksi Kaukaan edustan vedenlaatua tulisi muutenkin parantaa nykyisestä EU:n vesipuitedirektiivin mukaisesti vuoteen 2015 mennessä. Ravinteikkaan veden siirtyminen tuotantolaitosten edustalle aiheuttaisi Simpuran mukaan uusia vaikeuksia päästä asetettaviin tavoitteisiin, minkä vuoksi sitä vastustetaan jyrkästi. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009.)

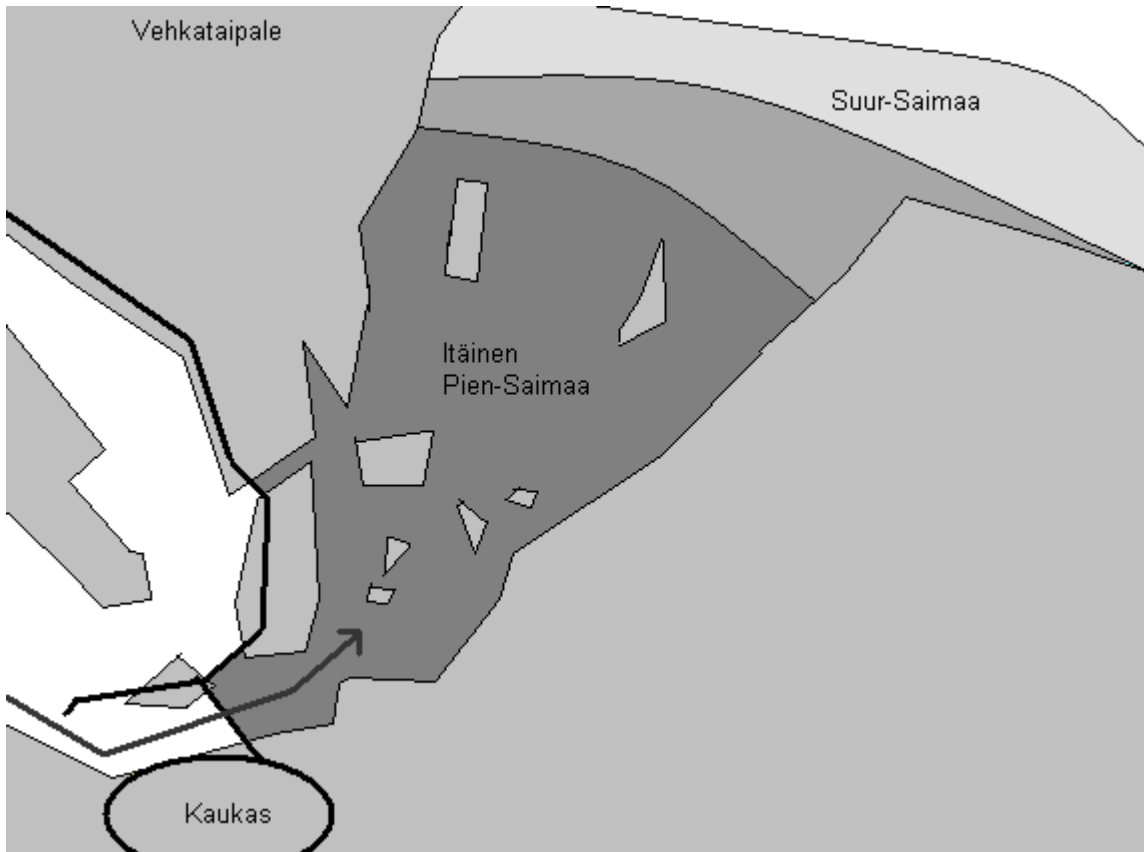
Virtauksen ja vedenlaadun heikkeneminen Pappilansalmessa

UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaiden edustalla Vehkataipaleen pumppaamo ylläpitää luontaista voimakkaampaa virtaamaa. Vehkataipaleen pumppaamon paineenalennuskoe ja voimakkaat itätuulet ovat osoittaneet, että virtaama on melko herkkä muutoksille ja tietyissä tilanteissa pohjavirtaus saattaa kääntyä Lappeenrannan kaupungin edustalla Mikonsaaren suuntaan. (Simpura 2009 A, suullinen tiedonanto 2.4.2009; Saukkonen 2009. A, suullinen tiedonanto 21.4.2009.) Jos uusi pumppaamo aiheuttaa imua kaupunginedustalla länteen päin tai aiheuttaa ylimääräistä painehäviötä Vehkataipaleen pumppaamolle, on riski, että itäisen Pien-Saimaan (Pappilansalmi - Haukiselkä alueen) vedenlaatu heikkenee, ja ajoittain vedet jopa virtaavat takaisinpäin kaupungin edustalle. Näissäkään tilanteissa ei tehtaan raakavedenotto ole uhattuna, vaan se tulee edelleen patotien takaa Kettinkisaaresta.

Vaikutukset näkyvät siis ennen kaikkea itäisellä Pien-Saimaalla, jossa Euroopan unionin vesipuitedirektiivi edellyttää vesistön tilan parantamista tyydyttävästä tasosta hyväksi. (Simpura 2009 B, yksityinen sähköpostiviesti 6.5.2009; Saukkonen 2009. A, suullinen tiedonanto 21.4.2009.)

Saimaan vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja Pena Saukkonen pitää riskiä Vehkataipaleen virtaaman heikkenemisestä ongelmana. Hänen mukaansa virtauksen ohjaaminen Taipalsaarentien länsipuolelle parantaisi vedenlaatua tällä alueella, mutta vastaavasti puhdasta vettä virtaisi vähemmän Vehkasalonselän kautta ja Kaukaan tehtaiden editse itään. Vehkasalonselältä tulevaa virtausta ei ole Saukkosen mukaan varaa pienentää. Saukkosen mukaan Vehkataipaleen paineenalennuskokeissa käy ilmi, että pintavesi virtasi edelleen itään, mutta pohjassa vesi alkoi virrata päinvastaiseen suuntaan. Tällöin Kaukaan jätevedet levisivät pohjaa pitkin kohti kaupunkia. Samanlainen ilmiö tapahtuu talvisin. Saukkonen pitää riskinä myös sitä, että Sunisenselältä kaupungin edustalle tuleva vesi virtaakin Mikonsaarenselälle eikä Pappilansalmeen. (Leskinen 2008 A.) Pena Saukkosen mukaan ei voida olla täysin varmoja siitä, että Taipalsaarentien länsipuolelle ohjattu Vehkataipaleen vesi tulisi suorinta tietä kohti Piiluvanselkää ja Sunisenselkää. On olemassa mahdollisuus, että vesi etenee mutkitellen ja koukkaa Riutanselän ja jopa pohjoisemman Koneenselän kautta. Tällöin Riutanselän ja Koneenselän vedenlaatu paranee, mutta samalla Vehkataipaleen vesi sekoittuu likaisempaan veteen. Tällöin alkuperäistä Vehkataipaleen vettä likaisempi vesi alkaisi virrata kohti Sunisenselkää. (Leskinen 2008 A.) Virtausohjauksen seurauksena läntiseltä Pien-Saimaalta siirtyvä vesi virtaa Pappilansalmen kautta itäiselle Pien-Saimaalle ja aiheuttaa tällä alueella vedenlaadun heikkenemistä.

Aarno Karelsin 2000 tekemissä tutkimuksissa näkyy hyvin Vehkataipaleen pumppaamon laimentava ja ravinteita siirtävä vaikutus Kaukaan jätevesiin. Jätevedet eivät juuri leviä Kaukaan länsipuolisille vesialueille, vaan kohti koillista ja Suur-Saimaata. Jätevedet laimentavat tasaisesti mentäessä kauemmas tehtailta. Vehkataipaleen virtaaman heikkeneminen saattaisi kääntää jätevesien kulkusuunnan länteen päin sekä aiheuttaa jätevesien laimentamisen hidastumista, jolloin niiden vaikutusalue laajenisi itään päin. (Karels 2000, 27.)



Kuva 31 Kaukaan tuotantolaitosten jätevesien laimeneminen. Kuva on piirretty karkeasti mukaillen Karelsin tutkimuksia. (Karels 2000, 27.)

Jos läntisen Pien-Saimaan vettä pumpataan muihin vesistöihin, näkyy tämä teoriassa suoraan Vehkatakainen virtaaman heikkenemisenä. Myös kaikki Pien-Saimaalla toteutettavat sisäiset kierrot vaikuttavat Vehkatakainen pumppaamon virtaan. Toisaalta, mikäli Pien-Saimaalle tuodaan uutta vettä, näkyy tämä todennäköisesti Vehkatakainen pumppaamon virran lisääntymisenä, sillä tällöin läntiselle Pien-Saimaalle tuodulla uudella vedellä ei ole käytännössä muuta virtausaukkoa kuin Pappilansalmi, jonka kautta se voi tasata lisääntyneen paineen.

Kaukaan edustan virtausta heikentäviä vaihtoehtoja ovat vain Rakkolanjokeen tai Kivijärveen tehtävät pumppaukset. Muut, Pien-Saimaan sisäiset, pumppaukset eivät stabiilissa tilassa vaikuttaisi Kaukaan edustan virtaamaan, mutta toisivat siihen omat lisäravinteensa, mikä ei Kaukaan lupaehtojen ja vesipuitedirektiivin kannalta ole mahdollista. Koska Kaukaan edustan vedenlaatua on vesipuitedirektiivin vaatimuksesta parannettava nykyisestä, jäävät perusvaihtoehdoiksi vaihtoehdot, joissa Pien-Saimaalle tuodaan lisää raikasta vettä.

Näitä ovat Vehkakaipaleen virtaaman lisääminen, Kolhonlahti – Kolinlahti putki tai kana-va, Kutilan kanava ja Kuolimons veden pumppaaminen Lavikanlahteen.

Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit

Vedenottamot ovat vesilain mukaisia vesistön erityiskäyttökohteita. Vesilain 1 luvun 15 § kohta 3 kieltää toiminnan, joka melkoisesti vähentää vesistön käyttökelpoisuutta vedenhankintaan. Lappeenrannan Vesi Oy:n raakavedenottamo sijaitsee Huhtiniemellä Sunisenselällä. Sunisenselältä imetään vesi pohjaan ankkuroitua putkea pitkin Huhtiniemen vedenpuhdistamolle. Puhdistamolla vesi pumpataan harjun päälle altaisiin, joista vesi suodattuu harjun alapuolella olevalle asemalle, jossa se kerätään talteen. Alueella vedenlaatu on ollut kohtalaisen hyvää, mikäli sinilevän vaikutuksia vedenlaatuun ei oteta huomioon. Lappeenrannan Vesi Oy varautuu sinileväesiintymiin rakentamalla Nuottasaareen ”esipuhdistuspaikan” raakavedelle. Puhdistus toteutetaan viidellä 12 metriä syvällä siiviläputkella. Esipuhdistuksen jälkeen vesi pumpataan Huhtaniemen puhdistamolle, jossa se puhdistetaan normaalisti. (Niinimäki 2009, suullinen tiedonanto 21.4.2009.)

Lappeenrannan Vesi Oy:n toimitusjohtaja Kirsi Niinimäen mukaan olisi tärkeää tuntea tarkkaa pumppaamisen vaikutukset Sunisenselän vedenlaatuun. Lappeenrannan kaupungin vesihuolto on riippuvainen Sunisenselän vedenottamosta, mikä tarkoittaa sitä, ettei ole mahdollisuutta ottaa sellaista riskiä, joka vaarantaisi vedenottamisen Sunisenselältä. (Niinimäki 2009, suullinen tiedonanto 21.4.2009.) Suurimmaksi ongelmaksi Niinimäki näkee riskin, että pohjasedimentit lähtisivät pumppauksen aiheuttaman virran mukana liikkeelle. Tästä syystä pohjasedimenttien koostumus ja käyttäytyminen tulisi tutkia tarkoin. Myös muita riskejä saattaa kohdistua vedenottamon toimintaan. Eräs tällainen riski on veden mukana tuleva orgaaninen humus, joka kuluttaa rannan tuntumasta happea. Hapen väheneminen saa maaperän raudan ja mangaanin liukenemaan veteen, mikä aiheuttaa ongelmia puhdistamolla. (Niinimäki 2009, suullinen tiedonanto 21.4.2009.)

Taipalsaaren kunnan vedenottamo sijaitsee Saimaanharjulla. Vesi otetaan pohjavetenä eikä Saimaasta kuten Lappeenrannan Vesi Oy tekee. Taipalsaaren vedenottamolle ei näin ollen aiheudu ongelmia pumppaamotoiminnasta. (Taipalsaaren kunta 2009.)

Vesivoimatehon menetykset Vuoksen voimalaitoksissa

Vesilain mukaisesti vesivoimayhtiöillä on käyttöoikeus vesistön vesivoimapotentiaaliin. Mikäli vesistöä johdetaan vettä muihin vesistöihin Saimaalta, aiheutuu korvausvelvollisuus menetetyistä vesivoimatehosta. Vuoksessa on sekä Suomen että Venäjän puolella vesivoimalaitoksia. Mikäli vettä pumpataan Saimaasta, muihin vesistöihin, ko. vesimäärä poistuu Vuoksen virtaamasta. Tällöin seuraa korvausvelvoitteita vesivoimayhtiöille. Jopa Lappeenrannan Vesi Oy maksaa korvauksia suhteellisen pienen Sunisenselältä ottamansa virtaaman ($0.1 \text{ m}^3/\text{s}$) aiheuttamasta vesivoimamenetyksestä, koska jätevesiä ei palauteta Saimaaseen.

Vaikutus valtavyliin ja vesiliikenneväyliin

Vesilain 1 luvun 15 § kohta 4 kieltää valtavylien muuttamisen ja yleisen kulkuväylän käytön vaikeuttamisen. Vesilain 1 luvun 12 § ja 13 § määrittelevät tarkemmin valtavyliä käytettävien salmeksi tai kapeikoksi, jossa harjoitetaan säännöllisesti kulkemista tai jota kalat pääasiassa käyttävät kulkuväylänään.

Kirjamoinсалmen kautta kulkee vesiliikenneväylä, jota pääsee Sammonlahteen, Taipalsaa-reen, Rutolaan ja Lappeenrannan kaupungin edustalle. Toinen vesiliikenneväylä kulkee Pappilansalmessa. Osa muistakin alueen salmista on mahdollisesti valtavyliksi luokiteltavia, sillä niissä on kesäisin säännöllistä veneliikennettä. Tällaisia salmia ovat ainakin Voisalmi, Kopinsalmi ja Leväsensalmi. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.) Voisalmessa, Kopinsalmessa ja Leväsensalmessa silta-aukot ovat niin pieniä, että niissä kulkeminen on mahdollista ainoastaan pienveneillä. Kivisalmessa ei ole sen mataluudesta johtuen käytännössä lainkaan vesiliikennettä. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.) Kutilan kanavan myötä myös reitistä Kutilasta Vehkasalonselälle muodostuisi merkittävä valtavyliä.

Tutkitaan Kirjamoinсалmen, Pappilansalmen, Voisalmen, Kopinsalmen ja Leväsensalmen vaihtoehdoissa sulkujen rakentamista vesiliikenteelle. (Maanmittauslaitos 2009; Veneily CD 2006.) Sulut saattavat aiheuttaa vesiliikenteen ruuhkautumista ja hidastumista. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009)

Valtaväyläksi luokitellaan myös kalojen yleisesti käyttämät kulkureitit. Alueen salmista merkittävin kulkureitti kaloille on Kirjamoinssalmi, joka saattaa olla etenkin muikun siirtymisen kannalta tärkeä. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.)

Vaikutus jääpeitteeseen ja sen aiheuttamat riskit

Vesilain 1 luvun 15 § viidennen kohdan mukainen terveysriski ihmiselle saattaa aiheutua, mikäli pumppaamon lähistöllä voimistunut virtaus estää normaalivahvuisen jääpeitteen muodostumisen. Voimakkaimmin virtaavat paikat pysyvät auki läpi talven ja jääpeite pysyy normaalia heikompana pumppaamoja ympäröivillä alueilla. Tämä saattaa aiheuttaa vaaraa jäällä liikkuville ihmisille. Monet jäällä liikkuvat ovat tottuneet käyttämään samoja liikkumisreittejä, eivätkä välttämättä osaa ottaa huomioon muuttunutta tilannetta.

Heikentyneestä jääpeitteestä aiheutuvat seuraukset voivat olla vakavat, mikäli ihminen putoaa heikkoihin jäihin. Riski on myös mahdollinen, sillä alueella on melko paljon virkistyskäyttöä talvisaikaan. Jäällä liikkujat osaavat yleensä huomioda virtapaikkoja ja muita heikentyneen jään alueita, mutta mukautuminen muuttuvaan tilanteeseen voi olla aluksi hankalaa, varsinkin jos riskiä ei tiedosteta.

Vaikutus kala- ja rapukantoihin

Vesilain 1 luvun 15 § ensimmäinen kohta kieltää aiheuttamasta haittaa kalastukselle ja toinen kohtaa kieltää aiheuttamasta vesiluonnon ja sen toiminnan vahingollista muuttumista. Riski muodostuu erityisesti kala- ja rapukantoihin ja niiden kutualueisiin kohdistuvista muutoksista. Läntisen Pien-Saimaan alueella ei ole ammattimaista kalastusta, mutta vapaa-ajan- ja kotitarvekalastusta on runsaasti. Ammattikalastukselle voisi olla edellytyksiä, mikäli vedenlaatu ja kalakannat paranisivat. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.) Tärkeimmät saaliskalat ovat ahven, särkikalat, hauki ja muikku. Muita lajeja pyydetään pienempiä määriä. Muikkukannat ovat 2000-luvulla olleet lievässä kasvussa, ja muikku viihtyy luontaisesti karuissa vesistöissä. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009, Saukkonen 2009. A, suullinen tiedonanto 21.4.2009.)

Pien-Saimaalla on rapukantaa Taipalsaarentien länsi- ja itäpuolella. Rapukannat ovat pyyntivahvoja myös paikoin Vehkakaipaaleen pumppaamon vaikutusalueella. Rapukannalle vir-

tauksen lisääntyminen ja vedenlaadun paranemisen voidaan katsoa edulliseksi. Rapukannat ovat paikoin hyviä Vehkatalpaleen pumppaamon vaikutusalueella, joten tästäkin havaitaan, että virtaaman lisäys ja parantunut vedenlaatu ei haittaa rapuja. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.)

Etelä-Karjalan kalatalouskeskus ry:n toiminnanjohtaja Aarno Karels näkee kaikenlaisen virtauslisäyksen edullisena kalakannoille. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009) Maavedellä kalastajat pitävät rehevöitymisen aiheuttamia ongelmia eniten kalastusta haittaavina ongelmina. Ongelmat ilmenevät muun muassa pyydysten limoittumisena, leväkukintoina, runsaana vesikasvillisuutena sekä makuvirheinä kaloissa. (Jantunen 2004, 16.) Merkittäviä kutualueita alueella ovat muikulle ja kuhalle 5–10 metriä syvät hiekkapohjaiset alueet. Ahvenelle, särkikaloille ja hauelle kutualueina ovat rehevöityneet lahdet. (Karels, suullinen tiedonanto 4.5.2009.)

Vaikutus linnustoon, uhanalaisiin eläimiin ja kasveihin

Vesilain 1 luvun 15 § kieltää vesiluonnon ja sen toiminnan vahingollisen muuttamisen. Vesilain mukaisessa lupahakemuksessa tulee selvittää toiminnan vaikutus vesilintujen pesimäalueisiin. Luonnonsuojelulaki puolestaan velvoittaa luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen, jolloin riski voi kohdistua uhanalaisiin eläimiin tai kasveihin.

Liitteessä I. kohdassa seitsemän todetaan, että ympäristölupahakemuksessa tulisi ottaa huomioon rakennuspaikan lähialueen vesilintujen pesimäalueet. Etelä-Karjalan lintutieteellisen yhdistyksen mukaan pumppaamohankkeella ei ole negatiivisia vaikutuksia linnustoon. Alueen merkittävimmät pesimäpaikat ovat joillakin luodoilla ja suuremmissa ruovikoisissa lahdissa lähinnä Pien-Saimaan pohjoisosissa. (Eerikäinen & al. 2009, yksityiset sähköpostiviestit 22 - 24.4.2009.) Läntisen Pien-Saimaan osayleiskaavan luontoselvityksen mukaan Suolahti on maakunnallisesti merkittävä lintukosteikko. (Tanska 2009, yksityinen sähköpostiviesti 20.6.2009.) Pumppaamon aiheuttama sula saattaa houkutella aikaisempaa enemmän lintuja levähtämään kevätmuutolla. (Etelä-Karjalan lintutieteellinen yhdistys, sähköpostiviesti 22 - 24.4.2009.)

Pien-Saimaan alueella esiintyy useita uhanalaisia eläin- ja kasvilajeja. Näitä ovat muun muassa nisäkkäistä liito-orava, linnuista kalasääski, selkälokki, kuikka, pikkusieppo, pikkutikka, nuoli- ja ampuhaukka, hyönteisistä kalliosinisiipi, sekä kasveista mustalinnunherne, harjumasmalo, keltakynsimö ja ojakurjenpolvi. (Tiainen, 5.) Edellä mainituista lajeista kalasääski, selkälokki ja kuikka ovat kiinteästi vesielementistä riippuvaisia lajeja. Pumpaamolla ei liene vaikutusta ko. lajien elinolosuhteisiin Pien-Saimaalla. Ainoastaan kuikan tai selkälökin rannan tuntumassa sijaitsevat pesät saattaisivat olla vaarassa aivan pumpaamon lähellä, mikäli vedenkorkeudessa tapahtuu muutoksia. Toisaalta vedenpinnan muista tekijöistä johtuvat muutokset ja vesiliikenteen aiheuttamat aallot lienevät suurempi uhka. Muiden edellä mainittujen lajien elinympäristöihin kohdistuva uhka saattaisi tulla kyseeseen lähinnä maalla tapahtuvien rakennustöiden yhteydessä.

Pumpaamon sijoituspaikkojen läheisyydessä sijaitsee ympäristöhallinnon Eliölajitietojärjestelmän mukaan täpläkukkajäärän esiintymisalue Kopinsalmen länsipuolella, idänkeulakärjen ja kangasvuokon kasvupaikkoja sekä pikkusinisiiven esiintymisalue Hulkonkankaalla Kuolimön ja Lavikanlahden välillä. Tämän lisäksi läntisen Pien-Saimaan osayleiskaavan luontoselvityksen mukaan Leväsensalmen etelärannalla maantien itäpuolella on maakunnallisesti merkittävä lehto. (Tanska 2009, yksityinen sähköpostiviesti 20.6.2009.)

Vesistön luontaisten kiertojen häiriintyminen

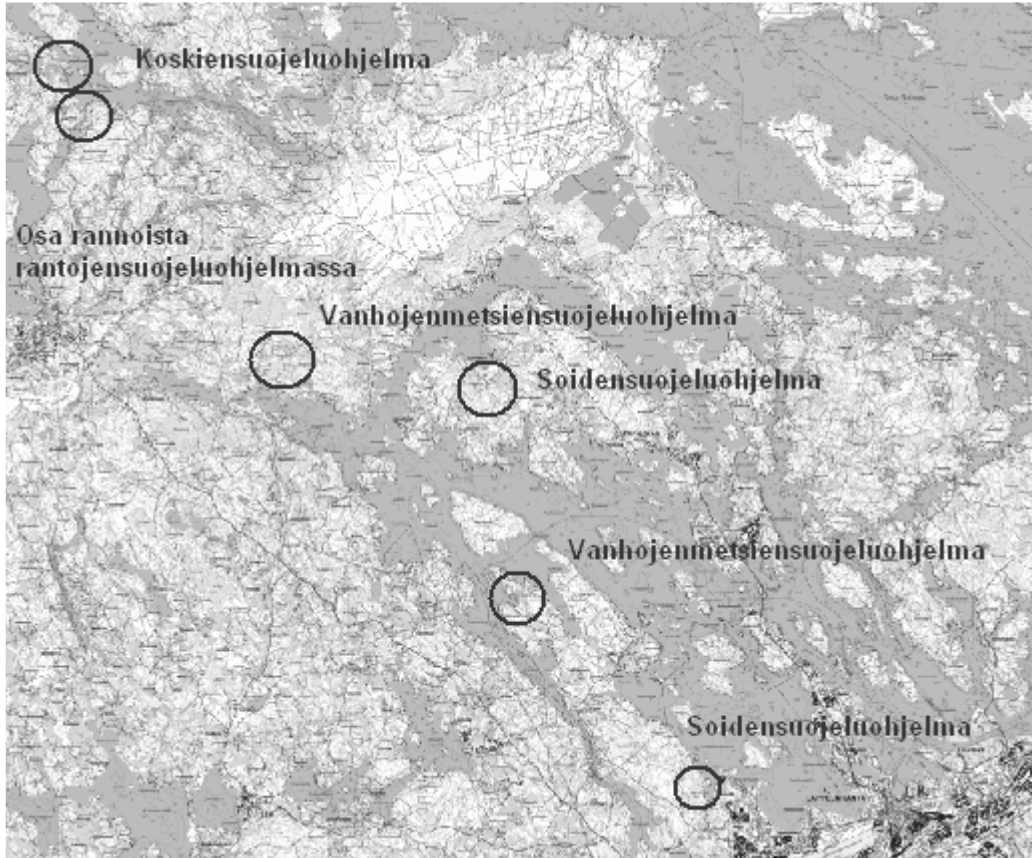
Vesilain 1 luvun 15 § kieltää vesiluonnon ja sen toiminnan vahingollisen muuttamisen. Järven luontaisen kierron muuttuminen voi aiheuttaa negatiivisen vaikutuksen esimerkiksi kasvi-, ja eläinplanktonin suhteisiin. (Niittyniemi 2009, yksityinen sähköpostiviesti 18.5.2009.) Tämä saattaa täyttää vesilain vesiluonnon ja sen toiminnan vahingollista muuttamista koskevat kohdat. Tämä saattaa myös olla ympäristönsuojelulain vastaista ympäristölle aiheutettua haittaa. Pumpaaminen saattaa vaikuttaa lämpötilakerrostuneisuuteen ja sitä kautta järvien luontaisiin kiertoihin. Luontaisten kiertojen muuttuminen saattaa puolestaan vaikuttaa negatiivisesti vesiekologiaan. Toisaalta virtauksenohjauksella pyritään parantuneeseen vedenlaatuun eli vaikuttaa vesistön pieneliöiden suhteisiin.

Hydrologi Antti Haapalan tutkimuksissa ilmenee, että läntisen Pien-Saimaan länsi- ja itäosien pohjaeläimistöissä on selkeä ero. Läntisen Pien-Saimaan läntisten syvänteiden ekologinen tila oli tutkimusten perusteella korkeintaan tyydyttävä. Syvänteet olivat pohjaeläimistön perusteella reheviä ja vähähappisia. Taipalsaarentien itäpuolella pieneliöiden tila oli sen sijaan merkittävästi parempi. (Leskinen 2009 B.)

Vaikutus Pien-Saimaan ja sen lähialueiden suojelualueisiin

Vesilain 1 luvun 15 § kieltää vesiluonnon ja sen toiminnan vahingollisen muuttamisen. Erilaisten suojeluohjelmien puitteissa suojeltuja kohteita ei saa ympäristönsuojelulain mukaan muuttaa tai vahingoittaa. Pien-Saimaalla ja sen ympäristössä on myös Euroopan unionin Natura-ohjelman mukaisia suojelualueita. Alueen vaikutuspiirissä on soidensuojeluohjelman piirissä oleva Luhtalammensuo ja Jousisuo Lappeenrannassa sekä Ryngänsuo Taipalsaaressa. Näistä Luhtalammensuon ja Ryngänsuon laskuvedet laskevat läntiseen Pien-Saimaaseen. Pumppaustoiminnalla ei kuitenkaan ole vaikutusta ko. soihin.

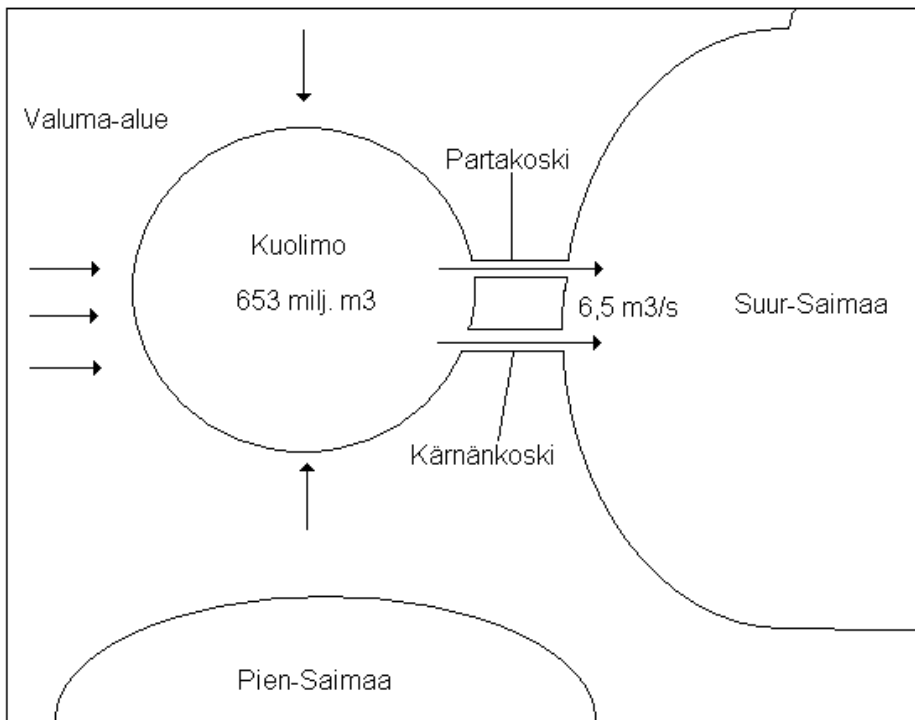
Lintuvesien-, harjujen-, lehtojen-, suojeluohjelman mukaisia suojelualueita ei alueella ole. Rantojensuojeluohjelman piirissä on osa Kuolimon rannoista. Kuivaniemi ja Lilmanmäki Taipalsaaressa kuuluvat vanhojen metsien suojeluohjelmaan ja ovat molemmat läntisen Pien-Saimaan lähialueella. (Valtion ympäristöhallin verkkopalvelu. 2008 A.) Partakoski ja Kärnäkoski ovat Natura 2000-ohjelman koskiensuojeluohjelman piirissä. Tämä tarkoittaa sitä, että näihin alueisiin ei saa tehdä muutoksia. (Valtion ympäristöhallin verkkopalvelu. 2008 A.)



Kuva 32. Alueella sijaitsevat suojelualueet (Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/09)

Kuolimo kuuluu ns. erityistä suojelua vaativiin vesialueisiin. Järvi on karu, veden vaihtuvuus siinä on pieni ja se on hyvin kirkasvetinen, minkä vuoksi se on erittäin herkkä likaantumaan. Kuolimon aluetta on esitetty Natura-alueeksi vesiensuojelun pohjalta. Kuolimon vesialue on maa- ja metsätalousministeriön suojeluvesityöryhmän mietinnössä (komiteamietintö 1977:49) todettu erityistä suojelua vaativaksi, valtakunnallisesti merkittäväksi järvialueeksi. Ympäristöministeriön asettama vesistöjen erityistyöryhmä on esittänyt Kuolimoa erityissuojelua vaativiin vesistöalueisiin (työryhmän mietintö 63, 1992). Suojelutarpeen osalta vesistöalue on luokiteltu vesistön vastaanottokyvyn perusteella luokkaan välttävä tai huono. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2006, 3.)

Partakosken ja Kärnäkosken yhteinen keskivirtaama on noin $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$. (Etelä-Karjalan liitto 2006, 4.) Lisäksi Partakosken virtaama on pienimmillään vain noin $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Mikäli Kuolimosta pumpattaisiin vettä Lavikanlahdelle, vähenisi virtaus molemmissa koskissa, koska korvaavaa uutta vettä ei tule vastaavasti tilalle. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2006, 3.) Seuraavassa kuvassa 33. on esitetty karkeasti Kuolimon virtaustase.



Kuva 33. Kuolimon virtaustaseen periaatekuva

Seuraavassa taulukossa 12. on esitetty miten pumppausmäärät vaikuttaisivat Partakosken ja Kärnäkosken virtausmääriin.

Taulukko 12. Kuolimon veden pumppaamisen vaikutus Partakosken ja Kärnäkosken vesimääriin

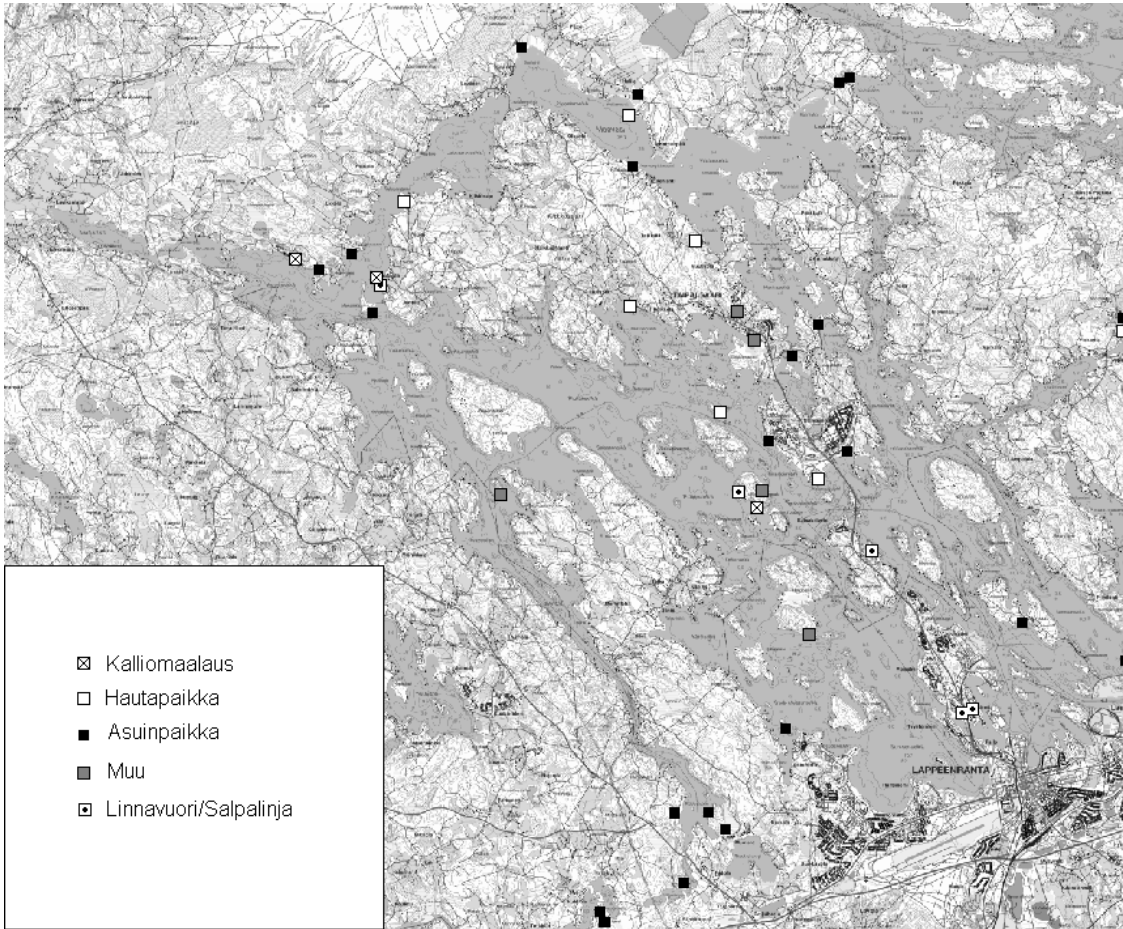
Pumppausmäärä [m^3/s]	Partakoski & Kärnäkoski [m^3/s]
0	6,5
1	6
2	5,5
4	4,5
6	3,5
8	2,5
10	1,5
12	0,5
15	0
20	0

Havaitaan, että jo pientenkin vesimäärien pumppaaminen vaikuttaa melko voimakkaasti Partakosken ja Kärnäkosken virtaamaan. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että luontaisesti Partakosken minivirtaama on $2 \text{ m}^3/\text{s}$, jolloin riski kosken kuivumiseen kasvaa. Kuolimon pienen virtaaman vuoksi pumppauksen Lavinkanlahteen tulisi olla määrältään pientä ja mahdollisesti Kuolimon vesitilanteesta riippuvaa.

Vaikutus muinaisjäännöksiin

Muinaismuistolaki kieltää muinaismuistoiksi luokiteltavien kohteiden muuttamisen. Pien-Saimaalla ja sen lähialueilla on useita eri-ikäisiä muinaismuistoja. Vanhimmat ovat peräisin kivikaudelta ja uusimmat ovat Salpalinjan osia toisen maailmansodan ajalta. Muinaismuistoja sijaitsee eripuolilla Pien-Saimaata, ja tunnetut kohteet keskittyvät rannoille ja saariin. Koska muinaismuistot sijaitsevat maalla ja rannoilla, ei pumppaamalla ole niihin suoranaista vaikutusta, mikäli alueella ei tarvitse tehdä maansiirtotöitä. Muutamia muinaismuistokohteita sijaitsevat suunniteltujen pumppaamon sijaintipaikkojen läheisyydessä. Tällaisia kohteita ovat erityisesti Käkeläntaipaleen länsiosassa sijaitseva kivikautinen asuinpaikka, Rutolassa Myllylammen ja Kärjenlammen välillä sijaitseva kivikautinen asuinpaikka, sekä Kirjamoinisalmen pohjoisrannalla sijaitsevat kivikautinen asuinpaikka ja muinaishauta.

Vedenalaisia muinaismuistoja alueella ovat Riutansaari, Mertaniemen hylky, Kukkosaaren hylky, Karhusaaren hylky sekä Keskuskarin hylky. Alueella saattaa mahdollisesti olla enemmänkin hylkyjä. Hylkyjen vahingoittaminen voi tulla kyseeseen, mikäli suoritetaan mittavia ruoppauksia. Mikäli aiotaan ryhtyä laajamittaisiin ruoppauksiin, tulisi mahdollisesti teetättää arkeologinen vedenalaisinventaarior. (Tulonen 2009, yksityinen sähköpostiviesti 4.6.2009.) Kuvassa 34. on esitetty karttaan merkittyinä tunnetut muinaismuistokohteet Pien-Saimaalla ja sen lähialueilla. (Etelä-Karjalan museo, Maanmittauslaitos 2009.)



Kuva 34. Tunnetut muinaismuistot Pien-Saimaan alueella (Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/09)

Pumppaamon rakenteiden vaikutus maisemaan

Vesilain 1 luvun 15 § kohta 3 kieltää melkoisen luonnon kauneuden vähentämisen. Luonnonsuojelulaki painottaa luonnonkauneuden ja maisemallisten arvojen säilyttämiseen. Pumppaamorakennus ja muut pumppaustoiminnan vaatimat rakenteet, kuten sulut, padot ja ruoppaukset muuttavat sijoituspaikasta riippuen maisemaa. Riskinä on tällöin maiseman muuttuminen luonnonsuojelulain kannalta huonompaan suuntaan. Tämä pätee erityisesti maisemallisesti arvokkailla alueilla. Maiseman muuttumisella voi olla vaikutusta ihmisten viihtyvyyteen. Voimistunut virtaama voi myös muuttaa ranta-alueiden luonnetta ja maisemaa. Riskeiksi voidaan tunnistaa pumppaamon rakenteiden, kuten sulkujen, putkien, patojen ja pumppaamorakennuksen aiheuttamat esteettiset haitat.

Rakennustoiminnasta aiheutuvat haitat

Vesilain 1 luvun 15 § kieltää aiheuttamasta vahinkoa tai haittaa toisen maalle, rakennuksille ja muulle omaisuudelle. Pumppaamon ja sen rakenteiden rakentamisessa tulee aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriötä. Rakentaminen saattaa aiheuttaa meluhaittoja ja poikkeavien liikennejärjestelyiden toteuttamista rakennusajalle. Lisäksi vesiliikenne saattaa estyä rakennustoimenpiteiden aikana. Rakennustoimintaa tulisi välttää erityisesti kesän lomakuukausina, varsinkin alueilla, joilla haittaa aiheutuu mökkiläisille. Lisäksi veneväylien tukkimista kesäaikaan tulisi välttää. Rakennustoimintaa säätelee vesilaki ja maankäyttö- ja rakennuslaki.

Ruoppauksista aiheutuvat samentumishaitat

Ruoppaustoiminta sivuaa useita vesilain 1 luvun 15 § määrittelemiä kieltoja kuten vahingon aiheuttaminen toisen vesialueelle, luonnon kauneuden vähentämisen ja kohdan 6 mukaisen yleisen edun loukkaamisen (vesistön muuttamiskielto). Pumppaamon rakentaminen vaatii luontaisesti matalissa paikoissa ruoppauksia, joiden avulla voidaan mahdollistaa riittävän suuri virtauskanava. Näin vedenkorkeus pumppaamon jälkeen ei muutu, ja virtausvastukset pysyvät mahdollisimman pieninä. Ruoppausten yhteydessä poistetaan pohjasedimenttejä, jotka ”pölyävät” ruoppaustoiminnan aikana. Pohjasta nouseva humus samentaa vettä tilapäisesti. Humuksen samentama vesi kulkeutuu tiettyyn suuntaan ruoppauspaikalta ja saattaa aiheuttaa viihtyvyyshaittoja samentuneen veden alueella. Vaikutukset jäävät kuitenkin hyvin toteutetuilla ja suunnitelluilla ruoppauksilla pieniksi, paikallisiksi ja tilapäisiksi.

Ruoppauksen toteuttaminen tulee hoitaa siten, että se aiheuttaa mahdollisimman vähän haittaa. Samentumishaitat ovat ruoppausten yhteydessä yleisiä, mutta hyvin toteutetussa ruoppauksessa ne jäävät tilapäisiksi. Ruoppaukset vaativat ympäristölupaviraston luvan vesilain 1 luvun 12 - 15 § mukaisesti. Ruoppauksista on ilmoitettava vesialueen omistajalle ja alueelliselle ympäristökeskukselle kuukautta ennen töiden aloitusta. Ruoppaustoiminnan yhteydessä tulee kiinnittää erityistä huomiota läjitysmassojen käsittelyyn. Ne voivat helposti jäädä tulvalle, sateelle tai aallokolle alttiiksi. Läjitysmassat voivat myös tappa ranta- puuston, mikäli massat tukehduttavat puiden juuret. (Ulvi 2005, 97.)

Pumppaamosta aiheutuvat meluhaitat

Ympäristönsuojelulaki kieltää melun tuottamisen ympäristöön ja vesilain 1 luvun 15 § kohta kolme kieltää ympäristön viihtyisyyden melkoisen alentamisen. Pumppaamon ollessa käynnissä saattaa pumpusta ja sen koneistosta syntyä melua. Pumppaamo on käynnissä ympäri vuorokauden, jolloin erityisesti yöaikaan melu saattaa aiheuttaa haittaa pumppaamon lähialueilla. Nykyaikaisilla pumppaamorakenteilla voidaan kuitenkin ehkäistä tehokkaasti melun pääseminen pumppaamon ulkopuolelle.

Ihmisten virkistystoimintaan kohdistuvat riskit

Vesilain 1 luvun 15 § kohta kolme kieltää melkoisesti vähentämästä vesistön soveltuvuutta virkistyskäyttöön. Pien-Saimaa on merkittävä kohde ihmisten virkistystoiminnalle ja alueella harjoitetaan useita erilaisia virkistystoiminnan muotoja kuten kalastusta, hiihtoa, luisuteluja, veneilyä, moottorikelkkailua, vesihiihtoa, purjelautailua ja uimista. Virkistystoimintaa tapahtuu eri puolilla Pien-Saimaata keskittyen asutuskeskusten läheisyyteen.

Alueen uimarannat, jotka voidaan luokitella myös vesistön erityiskäyttökohteiksi, sijaitsevat Kirjamoinsalmen länsipuolella Kuivaketveleellä, Lavikanlahden etelärannalla, Myllylammen itärannalla, Sammonlahdessa (kaksi kappaletta), Tyysterniemen länsipuolella, Voisalmensaaren länsi- ja itärannalla.

Kirjamoinsalmen länsipuolella Kuivaketveleellä on uimaranta, joka todennäköisesti olisi mahdollisen Kirjamoinsalmen pumppaamon vaikutuspiirissä. Uimarannan ja pumppaamon välillä sijaitsee kuitenkin Ruunaniemi, joka suojaa uimarantaa voimistuvalla virtauksella. Kirjamoinsalmen sillalta matkaa uimarannalle on noin 600 metriä. Lavikanlahden etelärannalla sijaitsee uimaranta noin 750 metrin päässä mahdollisesta pumppaamon vesien purkupaikasta. Uimaranta on pumppaamon vaikutuspiirissä ja pumppaamo todennäköisesti aiheuttaisi voimistuvaa virtaamaa alueella. Myllylammen itärannalla sijaitsee niin ikään uimaranta. Veden pumppaaminen Kivijärven suuntaan aiheuttaisi alueella veden virtauksen lisääntymistä. Matka uimarannalta pumppaamolle on vain noin 300 metriä. (Maanmittauslaitos 2009.)

Voimistuva virtaus uimarannoilla voi olla seurauksiltaan haitallinen, mikäli se hankaloittaa uimarannan käyttöä virkistyskäyttökohteena. Haitat ovat kuitenkin epätodennäköisiä, sillä yksikään uimaranta ei sijaitse kovin kriittisessä paikassa kaavailtujen pumppaamojen sijoituspaikkavaihtoehtoihin nähden.

Vaikutus lähialueiden viihtyvyyteen

Vesilain 1 luvun 15 § kieltää aiheuttamasta vahinkoa ja haittaa toisen vesialueelle, maalle rakennuksille ja muulle omaisuudelle sekä kohdassa 3 kielletään aiheuttamasta melkoista ympäristön viihtyvyyden vähentämistä. Pumppaamon toiminta saattaa aiheuttaa haittaa sen lähialueen asukkaille. Tämä saattaa olla psykologista pelkoa tai maiseman muuttumiseen ja olosuhteiden muuttumiseen liittyviä haittoja. Tämän lisäksi etenkin pumppauksen alkuvaiheessa ravinne- ja sinileväpitoinen vesi lähtee liikkeelle ja saattaa kerääntyä alueelle, jolla haitat ovat aiemmin pysyneet vähäisempinä. Lähialueiden viihtyvyyteen voidaan katsoa kuuluvan myös esimerkiksi yksityiselle maalle rakennettavien putkistojen tai kanavien aiheuttamat haitat.

5.3.2 Riskien arviointi ja hallinta

Seuraavaksi selvitetään edellä tunnistettujen riskien luokitus ja hallintakeinot. QFD-analyysin suorittamisen yhteydessä laadittiin liitteen IV taulukon avulla riskiarviot tunnistetuille riskeille. Arviointi toteutettiin siten, että Lappeenrannassa pidettävässä palaverissa alueen toimijat ja asiantuntijat, sekä Kouvolassa pidettävän Pien-Saimaan projektiryhmän kokoontumisessa halukkaat saivat osallistua arvioinnin suorittamiseen. Riskejä arvioitiin siten, että ensin arvioitiin riskin mahdollisia vaikutuksia ja seurauksia asteikolla 1–5 ja tämän jälkeen arvioitiin riskin todennäköisyyttä eri sijoituspaikoissa asteikolla 1–5. Keskiytään erityisesti niihin riskeihin, joiden riskiluokitus aiheuttaa luokituksen mukaisia toimenpiteitä. Voidaan myös tunnistaa sellaiset riskit, jotka ovat toiminnan kannalta vähäisiä eivätkä välttämättä vaadi erityisiä riskinhallintatoimia. Tämän lisäksi riskien arvioinnissa käytetään apuna selvityksen tekemisen yhteydessä eri yhteyshenkilöiltä saatuja tietoja ja muita kerättyjä materiaaleja.

Taulukoon 13. on koottu riskiluokitukset riskiarviointien pohjalta. Taulukko on laadittu siten, että arvioijien vastauksista on riskien seurausten ja todennäköisyyden avulla saatu riskin luokitus. Taulukkoon on koottu kuhunkin laatikkoon vakavin luokitus, jonka ko. riski on ko. sijoituspaikassa saanut arvioinnin aikana. Taulukossa V tarkoittaa vähäistä riskiä, K kohtalaista riskiä ja M merkittävää riskiä. Liitteessä XII on esitetty riskiarviointi taulukko, jossa on esitetty arviot aiemmin hylätyille vaihtoehdoille.

Taulukko 13. Riskiarvioinnin pohjalta laaditut riskiluokitukset eri sijoituspaikkavaihtoehdoissa.

Riskit	Kirjanoinсални	Käkeläntäpale	Kopinsalmi	Leväensalmi	Kutian kanavan yhteydessä Kopinsalmi	Kolhontanti - Kolhontanti	Kuolimo - Lavikanlahdi	Vehkäläpaleen kasvattaminen
Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin	K	K	M	M	M	M	M	K
Virtauksen heikkeneminen Pappilansalmessa	V	V	V	V	V	V	V	V
Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit	K	M	M	M	M	M	M	K
Vesivoimatehon menetykset Vuoksen voimalaitoksilla	V	V	V	V	V	V	V	V
Valtaväylien tukkeutuminen ja vesiliikenteen hidastuminen	K	K	K	K	K	K	K	K
Heikentyneen jääpeitteen aiheuttama ihmisiin kohdistuva riski	K	K	K	K	K	K	K	K
Vaikutus kala- ja rapukantoihin	V	V	V	V	V	V	M	V
Vaikutus lintuihin, uhanalaisiin eläimiin ja kasveihin	K	K	K	K	K	K	M	K
Vesistön luontaisten kiertojen häiriintyminen	K	K	K	K	K	K	M	K
Pien-Saimaan ja sen lähialueiden suojelualueisiin kohdistuvat riskit	K	K	K	K	K	K	M	K
Vaikutus muinaisjäänöksiin	K	K	K	K	K	K	K	V
Pumppaamon rakenteiden vaikutus maisemaan	K	K	K	K	M	K	K	K
Rakennustoimenpiteiden aiheuttamat haitat	K	K	K	K	K	K	K	K
Ruoppauksista johtuvat tilapäiset sementumishaitat	M	M	K	M	M	M	M	K
Pumppaamosta aiheutuvat meluhaitat	V	V	V	V	V	V	K	V
Ihmisten virkistystoimintaan kohdistuvat riskit	K	K	K	K	K	K	K	K
Viihtyvyyshaitat pumppaamon lähialueilla	K	K	K	K	K	K	M	K

Käydään läpi edellä tunnistettuja riskejä yksi kerrallaan, arvioidaan niiden sama luokitus ja pohditaan keinoja riskin pienentämiseksi.

Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin

Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin arvioitiin merkittävänä riskinä niissä vaihtoehdoissa, joissa pumpataan Maaveden tai Lavikanlahden vettä. Muissa vaihtoehdoissa se arvioitiin kohtalaiseksi.

Ravinteikkaan veden kulkeutuminen muihin vesistön osiin tapahtuu erityisesti silloin, kuin pohjoisemmilta vesialueilta kuten Maavedeltä ja Koneenselältä kulkeutuu vettä etelään ja lisäksi Taipalsaarentien länsipuolisen veden kulkeutuessa itäiselle Pien-Saimaalle. Käytännössä tätä ei voida välttää, mutta riskin vaikutukset jäävät lyhytkestoisiksi. Vaikuttavat ilmenevät pumppaamisen aloittamisen jälkeen ennen vesistön asettumista tasapainoon. Ravinteikas vesi saattaa sisäisissä pumppauksissa heikentää Kaukaan tuotantolaitosten edustan ja itäisen Pien-Saimaan vedenlaatua. Tämä saattaa haitata Kaukaan tuotantolaitosten toimintaa, koska Kaukaan tavoitteet vesipäästörajoiden alittamisen suhteen saattavat vaikeutuvat. Ravinteikkaan veden aiheuttamaa äkillistä ravinnepulssia voidaan ehkäistä siten, että pumppausmäärä kasvatetaan aluksi vähitellen. Tämä onnistuu joko pumpun pyörimisnopeussäädöllä, useamman pumpun pumppaamossa käynnistämällä aluksi vain yksi pumppu tai pitämällä pumppaamo toiminnassa vain osa-aikaisesti. Pumppaamon aiheuttamaa lisäriskiä arvioitaessa pitää muistaa, että Pien-Saimaan huonolaatuisten alueiden ravinteikas vesi kulkeutuu joka tapauksessa muihin vesistön osiin luonnostaan normaalin virtaaman, tuulten ja vedenpinnan vaihteluiden seurauksena.

Virtauksen heikkeneminen Pappilansalmessa

Virtauksen heikkenemisen riski Pappilansalmessa arvioitiin vähäiseksi. Useat tahot ovat kuitenkin painottaneet tämän riskin toteutumisen seurauksia erityisen paljon, joten on syytä tavoitella riskin toteutumisen minimointia.

Pappilansalmen virtaus heikkenee, mikäli pumpataan vettä pois läntisestä Pien-Saimaasta tai Vehkataireen virtaan vaikutetaan muuten epäedullisesti. Kirjamoinisalmen, Käkeläntaireen, Leväsensalmen ja Kopinsalmen pumppaukset vaikuttavat Vehkataireen virtaan ja ohjaavat osan Vehkataireen virrasta pois sen nykyiseltä reitiltä. Summavirtaama Pappilansalmessa pysyisi näissä tapauksissa kuitenkin vakiona. Sitä, olisiko virtauksen jakau-

malle tulossa jonkinlaista haittaa, voitaisiin selvittää vain tarkoilla virtausmalleilla tai kokeellisesti.

Mikäli Vehkataipaleen virta jostain syystä heikkenisi, itäisen Pien-Saimaan vedenlaatu heikkenisi, kun Kaukaan tuotantolaitosten jätevesien kulkeutumis- ja laimenemisnopeus hidastuisi. Virtauksen heikkenemisen tai sen reittien muutosten seurauksena Kaukaan jätevedet saattavat myös kulkeutua länteen päin ja vaikuttavat negatiivisesti läntisen Pien-Saimaan itäosien tilaan – Erityisesti Lappeenrannan kaupungin edustan tilaan. Niissä vaihtoehtoisissa, joissa tuodaan uutta vettä Pien-Saimaalle, aiheutetaan päinvastoin Pappilansalmen virtaaman lisääntymistä, mikä edesauttaisi vedenlaadun paranemista myös itäisellä Pien-Saimaalla.

Useat tahot ovat selvityksen aikana korostaneet Pappilansalmen virtauksen herkkyyttä ja tärkeyttä, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että virtaa ei saa heikentää yhtään. Esimerkiksi Lappeenrannan kaupungin tekninen johtaja Ensio Koikkalainen arvioi merkittäväksi riskiksi virtauksen heikkenemisen Pappilansalmessa. (Koikkalainen 2009, suullinen tiedonanto 11.6.2009.)

Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit

Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit arvioitiin merkittäviksi Maaveden pumppausvaihtoehtoisissa ja Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehtoisissa. Muissa vaihtoehtoisissa riski arvioitiin kohtalaiseksi. Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit ovat mahdollisia oikeastaan kaikissa pumppaamovaihtoehtoisissa, joissa vettä kierrätetään läntisen Pien-Saimaan länsiosien puolella. Erityisesti Sunisenselän alueen virtausten muuttumisella voi olla vaikutusta vedenottamon toimintaan. Sunisenselän vedenottamon toiminta on välttämätöntä Lappeenrannan seudun vedenhankinnan kannalta, joten siihen kohdistuvat riskit tulisi selvittää erityisen tarkasti, koska riskien vaikutukset olisivat merkittävät.

Lappeenrannan kaupungin tekninen johtaja Ensio Koikkalainen arvioi merkittävimmiksi riskeiksi Pappilansalmessa virtauksen heikkenemisen ohessa, Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit. (Koikkalainen 2009, suullinen tiedonanto 11.6.2009). Pumppauksen aloittamisen Sunisenselän vedenottoon aiheuttamat riskit arvioidaan tilapäisiksi, sillä

pumppauksen tarkoitus on parantaa vedenlaatua koko läntisellä Pien-Saimaalla, minkä tulisi pienentää Sunisenselän vedenottamolle aiheutuvaa riskiä alkutransientin mahdollisesti aiheuttaman riskin laannuttua. Vedenottamo on jo osoittanut selviytyvänsä ainakin vakavan sinileväongelman aiheuttamasta riskistä. Levätalven 2008 – 2009 aikana massiivinen sinileväesiintymä ei lopulta haitannut lainkaan vedenottamon toimintaa.

Vesivoimatehon menetykset Vuoksen voimalaitoksissa

Vuoksen voimalaitoksille aiheutuva tehonmenetys tapahtuu, mikäli vettä pumpataan pois Saimaasta muihin vesistöihin. Tehonmenetys toteutuu vain, kun pumpataan vettä Sunisenselältä Rakkolanjokeen tai Rutolasta Kivijärveen, mutta nämä vaihtoehdot suljettiin pois vedenlaadunarviointi kappaleessa. Tehonmenetyksestä on maksettava korvauksia voimayhtiöille. Vesivoimatehon menetysten laskenta on esitetty käyttökustannusten laskentasiiossa.

Vaikutus valtaväyliin ja vesiliikenneväyliin

Valtaväylien tukkeutuminen ja vesiliikenteen hidastuminen arvioitiin kohtalaiseksi riskiksi. Vesiliikenteen kulun estyminen tai hidastuminen aiheutuu kaikissa vaihtoehdoissa, joissa joudutaan käyttämään sulkua pumppauksen toteuttamiseksi. Ongelmallisia vaihtoehtoja vesiliikenteen kannalta ovat Kirjamoinsalmi ja Toijansalmi, joihin vaadittavat sulut sijoituvat vesiliikenneväylälle. Kopinsalmen ja Leväsensalmen sulut rakennettaisiin lähinnä pienveneliikennettä silmällä pitäen. Näitä salmia ei välttämättä voida kuitenkaan luokitella valtaväyliksi, jolloin sulkujen rakentaminen ei välttämättä ole pakollista, mutta tällöin nykyiset silta-aukot olisi tukettava, jotta voidaan estää vääräsuuntainen virtaus. Tämä selvitys on tehty kuitenkin niin, että tarkastellaan ko. salmia siten, että niihin rakennettaisiin sulut. Vesiliikenteen hidastumista on oikeastaan mahdoton välttää, mikäli joudutaan rakentamaan sulkua vesiliikenteen käyttämille reiteille. Kirjamoinsalmen pumppaamovaihtoehdossa tulisi pohtia keinoja, joiden avulla voitaisiin mahdollistaa kalojen liikkuminen salmen yli tai ainakin suorittaa lisäselvityksiä Kirjamoinsalmen merkityksestä kalojen kulureittinä.

Vaikutus jääpeitteeseen ja sen aiheuttamat riskit

Heikentyneen jääpeitteen aiheuttama riski arvioitiin kaikissa sijoituspaikoissa kohtalaiseksi. Lisääntyneen virtauksen aiheuttamasta heikentyneestä jääpeitteestä tulee tiedottaa näkyvästi, jotta jäillä tottuneet liikkujat tiedostaisivat asian. Tämän lisäksi voidaan heikentyneen alueen läheisyyteen asettaa varoituskylttejä ja mahdollisesti pelastusrengas.

Vaikutus kala- ja rapukantoihin

Vaikutus kala- ja rapukantoihin arvioitiin yleensä vähäiseksi. Se arvioitiin merkittäväksi Kuolimo - Lavikanlahti vaihtoehdossa.

Kala- ja rapukantoihin kohdistuvien riskien voidaan katsoa olevan vähäisiä. Kalakannoille lisääntyvä virtaus olisi edullista, eikä kalojen kutualueisiin kohdistu riskejä pumppauksen myötä. Vaikutusten rapukantoihin voidaan katsoa olevan vähäiset, koska rapukannat ovat pyyntivahvoja myös Vehkataipaleen pumppaamon virtaaman vaikutusalueilla. Vedenlaadun paraneminen edesauttaisi myös kalastustoiminnan harjoittamista ehkäisemällä pyydysten likaantumista ja kalojen makuvirheitä. Merkittävin kalakannoille aiheutuva haitta saattaisi syntyä Partakosken ja Kärnänkosken vähävetisyydestä pumpattaessa Kuolimon vettä.

Vaikutus linnustoon, uhanalaisiin eläimiin ja kasveihin.

Riski arvioitiin yleensä kohtalaiseksi ja Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehdoissa se arvioitiin merkittäväksi.

Rauhoitettujen eläinten ja kasvien esiintymisalueita ei ole rekisteröity sellaisilla alueilla, johon pumppaamon rakentamisella olisi vaikutusta. Joitain rauhoitettujen lajien esiintymisalueita on sijoituspaikkojen lähialueilla, mutta niihin tuskin kohdistuu riskiä, sillä ne eivät sijaitse suunniteltujen rakennustöiden tai maansiirtotöiden alueella. Alueen merkittävimmät lintujen pesimäalueet sijaitsevat pääasiassa pohjoisosien rehevissä lahdissa ja joillakin kallioluodoilla. Merkittävin pesimäalue, johon pumppaamalla voisi olla vaikutusta, on maakunnallisesti merkittäväksi lintukosteikoksi luokiteltu Suolahti Maavedellä. Virtauksella saattaa olla vaikutusta Suolahteen varsinkin, jos pumpataan vettä Maavedelle. Mikäli todetaan, että riskit Suolahden lintukosteikkoa kohtaan ovat liian suuret, voidaan harvinaisiksi pohjapadon rakentamista lahdensuulle estämään liian voimakkaan virtauk-

sen suuntautuminen lahteen. Rakennustyöt tulisi suorittaa ehdottomasti lintujen pesimäajan ulkopuolella.

Vesistön luontaisten kiertojen häiriintyminen

Vesistön luontaisten kiertojen häiriintyminen arvioitiin kohtalaiseksi muualla, mutta Kuolimo –Lavikanlahti vaihtoehdossa merkittäväksi.

Vesistöjen luontaisten kiertojen häiriintyminen on todennäköistä, ja itse asiassa siihenhän pumppaustoiminnalla pyritäänkin. Tavoitteena on vähentää sinilevien määrää ja nopeuttaa luontaista kiertoa. Luontaisten kiertojen muita vaikutuksia esimerkiksi pieneliöihin on erittäin hankalaa arvioida, mutta vertailukohtana olevan Vehkatalpaaleen pumppaamon virtaaman pieneliöitä on tutkittu. Pieneliökannat ovat terveempiä Vehkatalpaaleen virtaaman vaikutusalueella kuin Taipalsaaren patotien länsipuolella.

Vaikutus Pien-Saimaan ja sen lähialueiden suojelualueisiin

Vaikutus arvioitiin merkittäväksi Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehdossa. Muissa se arvioitiin kohtalaiseksi.

Pien-Saimaan ja sen lähialueiden suojelualueisiin kohdistuvista riskeistä merkittävin on Partakoskeen ja Kärnänkoskeen ja niiden virtaamaan kohdistuva uhka. Kuolimon veden tuominen Lavikanlahteen aiheuttaisi ko. koskien virtausmäärän pienenemisen, mikä on Natura 2000- koskiensuojeluohjelman tavoitteiden vastaista. Enintään 1 m³/s olisi mahdollista pumpata ilman, että Kärnänkoski muuttuisi liian vähävetiseksi matalanveden aikaan, mutta tällekin voi olla käytännössä mahdotonta saada ympäristölupaa. (Räsänen 2009 A.) Muihin alueen suojelualueisiin ei katsota muodostuvan uhkaa. Koikkalaisen arvion mukaan koskiin kohdistuva riski olisi erityisesti otettava huomioon. (Koikkalainen 2009, suullinen tiedonanto 11.6.2009.) Tämä riski rajaa käytännössä pois Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehdon, koska pumppaukselle on käytännössä mahdotonta saada lupaa. Myös muut edellä kuvatut riskit, kuten vaikutu kala- ja rapukantoihin arvioitiin tässä vaihtoehdossa merkittäviksi.

Vaikutus muinaisjäänöksiin

Vaikutus muinaisjäänöksiin arvioitiin vähäiseksi Vehkataipaleen virtaaman lisäämisessä. Muissa se arvioitiin kohtalaiseksi.

Tunnettuihin muinaismuistoihin ei kohdistu suoranaista riskiä. On kuitenkin otettava huomioon tuntemattomat vedenalaiset muinaisjäänökset, jotka saattavat vahingoittaa erityisesti, mikäli alueella suoritetaan ruoppauksia. Mikäli päätetään lähteä suorittamaan laajamittaisia ruoppauksia, olisi hyvä suorittaa alueella vedenalaisinventaario.

Pumppaamon rakenteiden vaikutus maisemaan

Pumppaamon rakenteiden vaikutus maisemaan arvioitiin merkittäväksi Kutilan kanava vaihtoehdossa. Muissa vaihtoehdoissa se arvioitiin kohtalaiseksi.

Pumppaamorakennuksen ja rakenteiden vaikutus maisemaan on suurimmillaan Kolhonlahti - Kolinlahti vaihtoehdossa ja Kutinlankanavan vaihtoehdossa. Suurten patojen vaikutus maisemaan on suurin yksittäinen tekijä. Tämän lisäksi myös avokanavilla on kohtalaista vaikutusta. Patojen ja varsinkin kanavien suunnittelussa voidaan käyttää esimerkiksi maisemointisuunnittelijaa apuna, jotta saadaan toteutettua rakenteet mahdollisimman hyvin maisemaan sopiviksi. Kolhonlahti – Kolinlahti on mahdollista toteuttaa niin, että maisemaan jää havaittavaksi vain avokanava. Itse pumppaamo voidaan sijoittaa harjun sisään. Kutilan kanava vaihtoehtoa arvioitaessa olisi kiinnitettävä erityistä huomiota, sille voidaan tätä riskiä pienentää hyväksyttävälle tasolle. Kutilan kanavan yhteydessä Toijansalmeen vaadittava pato olisi pumppausrakenteiden kannalta merkittävin yksittäinen maisemaan vaikuttava tekijä.

Rakennustoiminnasta aiheutuvat haitat

Rakennustoimenpiteistä aiheutuvat haitat vaihtelivat vähäisen ja kohtalaisen välillä riippuen maansiirtotöiden suuruudesta.

Rakennustoiminnasta aiheutuvat haitat ovat suurimmat niissä vaihtoehdoissa, joissa pengertiehen joudutaan tekemään rakenteita, koska tällöin maa- tai vesiliikenne saattaa hidastua tai jopa estyä tilapäisesti kokonaan. Lisäksi suuret ruoppaukset ja maansiirtotyöt, kuten

avokanavien kaivaminen, aiheuttavat lisääntyvää kuljetusliikennettä ja rakennustoiminnasta aiheutuvaa melua ja muita haittoja.

Ruoppauksista aiheutuvat sementumishaitat

Ruoppauksista aiheutuvat tilapäiset sementumishaitat arvioitiin merkittäväksi niissä vaihtoehtoisissa, joissa suoritetaan laajoja ruoppauksia. Muissa vaihtoehtoisissa ne arvioitiin kohtalaisiksi.

Sementumishaittoja saattaa aiheutua ruoppausten yhteydessä niissä vaihtoehtoisissa, joissa suoritetaan ruoppauksia. Hyvin suunnitelluilla ja toteutetuilla ruoppauksilla sementumishaitat jäävät kuitenkin tilapäisiksi ja paikallisiksi. Erityisesti tulee kiinnitettävä huomiota ruoppausmassojen sijoitteluun varsinkin, jos ruopataan avoveden aikaan, jotteivät massat pääse huuhtoutumaan takaisin vesistöön. Tämän lisäksi sementumisen vaikutukset vesistöön lienevät melko vähäisiä. Järven hedelmälliset pohjalietteen kannattaisi mahdollisuuksien mukaan sijoittaa viljelykäyttöön.

Meluhaitat

Meluhaitta arvioitiin yleensä vähäisiksi.

Meluhaittojen aiheutuminen pumppaamosta on erittäin epätodennäköistä, sillä vaikka pumpusta ja moottorista melua aiheutuisikin, voidaan sen leviäminen ympäristöön estää tehokkaasti äänenvaimennuksella. Tähän voidaan käyttää vertailukohtana Vehkataipaleen pumppaamo, josta ei käytännössä aiheudu haitallista melua lähiympäristöön.

Ihmisten virkistystoimintaan kohdistuvat riskit

Ihmisten virkistystoimintaan kohdistuvat riskit arvioitiin Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehdossa merkittäviksi ja muissa vaihtoehtoisissa kohtalaisiksi.

Ihmisten virkistystoimintaan kohdistuvat riskit aiheutuvat etupäässä vesiliikenteeseen ja jäillä liikkuihin aiheuttamalla muutoksia nykyisissä kulkureiteissä. Näitä asioita on käyty lävitse jo vesiliikenteeseen aiheutuvien riskien kohdassa ja heikentyneen jääpeitteen ihmi-

siin kohdistaman riskin yhteydessä. Uimarantoja ei sijaitse aivan pumppaamon sijoituspaikkojen tuntumassa, joten niihin kohdistuvat riskit ovat vähäisempiä. Virtausnopeudet eivät nouse vesialueilla merkittävän suuriksi, joten tällä ei pitäisi olla vaikutusta muuhun vesillä tapahtuvaan virkistystoimintaan.

Vaikutus lähialueiden viihtyvyyteen

Vaikutukset lähialueiden viihtyvyyteen arvioitiin merkittäviksi Kuolimo – Lavikanlahti vaihtoehdossa ja muissa se arvioitiin kohtalaiseksi. Tämän lisäksi tulee ottaa huomioon, että Kolhonlahti - Kolinlahti -vaihtoehdosta aiheutuvat haitat voivat olla kohtalaisia vaadittavista kanavista johtuen.

Viihtyvyyshaittoja on hankalahko torjua. Tiedottamisella ja hankkeen esittelyllä saatetaan vähentää psykologisia pelkoja. Hyvällä teknisellä suunnittelulla ja maisemointisuunnittelulla voidaan vaikuttaa lopputulokseen ja viihtyvyyteen.

5.4 Pumppaamon mitoitus ja kustannuslaskenta

Tässä kappaleessa suoritetaan pumppaamon mitoitus eri sijoituspaikkavaihtoehtoisissa ja lasketaan karkeat suuntaa antavat kustannuslaskennat eri vaihtoehdoille. Kustannuslaskenta ei ole varsinaisesti mitoittavaa laskentaa, vaan tavoitteena on löytää eri vaihtoehtojen kustannuseroja. Aluksi tarkastellaan eri pumppausmäärien vaikutuksia vesistöön ja valitaan tarkastelua varten sopiva pumppausmäärä.

5.4.1 Virtauksen ja ravinteiden käyttäytyminen

Virtauksen käyttäytyminen

Seuraavassa taulukossa 14. on laskettu läntisen Pien-Saimaan veden luontainen vaihtumisnopeus valuma-alueelta tulevan virtaaman avulla. Voidaan olettaa, että alueelta poistuu yhtä paljon vettä kuin valuma-alueelta tulee. Todellisuudessa veden vaihdunta-aika on todennäköisesti hieman pidempi sisäisten kiertojen ja hydrologisen oikosulun takia.

Taulukko 14. Veden luontaisen vaihduntanopeuden laskenta läntisellä Pien-Saimaalla

Ominaisuus	Yksikkö	Arvo
Läntisen Pien-Saimaan tilavuus	[km ³]	0,575
	[m ³]	575000000
Luontainen veden vaihtuminen	[m ³ /s]	4
Vuodessa vettä vaihtuu	[m ³ /a]	126100000
Luontainen veden vaihtumisaika	[a]	4,56

Veden luontaiseksi vaihdunta-ajaksi tulee keskimäärin 4,6 vuotta, mutta paikallista vaihtelua luonnollisesti esiintyy.

Taulukossa 15. on laskettu 1 m³/s–20 m³/s pumppausmäärillä vuotuiset pumppausmäärät ja alueen tunnetun vesitilavuuden avulla on laskettu koko läntisen Pien-Saimaan veden vaihtumiseen kuluva aika kussakin tilanteessa. Laskennassa ei ole otettu huomioon Vehkatalpaan pumppaamon veden vaihtuvuuslisäystä, sillä se vaikuttaa vain osaan läntisestä Pien-Saimaasta. Tällä alueella veden vaihtuminen on huomattavasti keskimääräistä vaihtuvuutta nopeampaa.

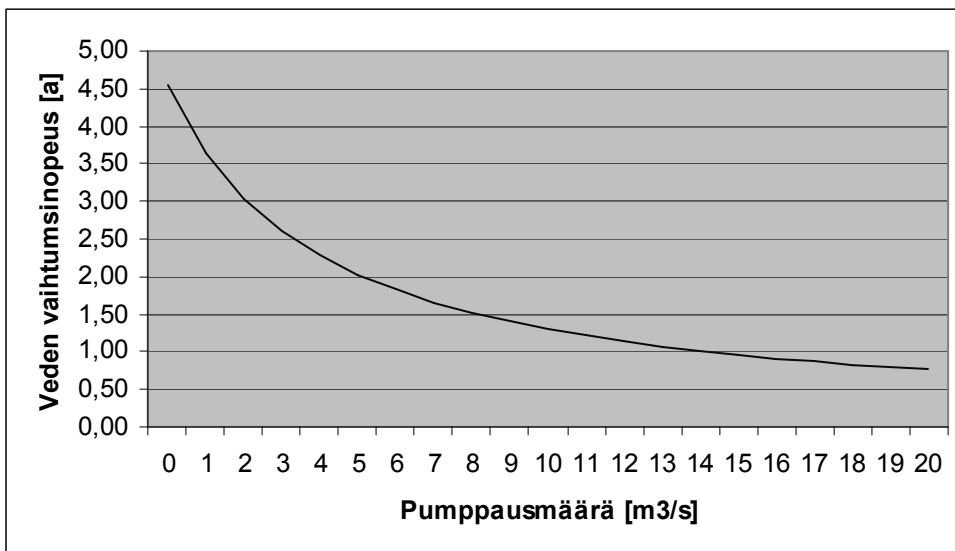
Taulukko 15. Veden vaihtumisajan riippuvuus pumppausmäärästä

Luontainen virtaama [m ³ /s]	Virtausohjauksella toteutettu lisävirtaama [m ³ /s]	Kokonaisvirtaama [m ³ /s]	Veden vaihtuminen vuodessa [milj. m ³ /a]	Keskimääräinen veden vaihtumisaika [a]	Pumpattu vesimäärä vuodessa [milj. m ³]	Pien-Saimaan vesitilavuuden pumppaamiseen kulunut aika
4	0	4	126	4,6	0	-
4	2	6	189	3,0	63	9,1
4	4	8	252	2,3	126	4,6
4	6	10	315	1,8	189	3,0
4	8	12	378	1,5	252	2,3
4	10	14	442	1,3	315	1,8
4	12	16	505	1,1	378	1,5
4	14	18	568	1,0	442	1,3
4	16	20	631	0,9	505	1,1
4	19	23	725	0,8	599	1,0
4	20	24	757	0,8	631	0,9

Taulukossa 15 ensimmäisessä sarakkeessa on Pien-Saimaan valuma-alueelta tuleva virtaama 4 m³/s, jonka oletetaan pysyvän kutakuinkin vakiona. Toisessa sarakkeessa on esitetty pumpattavan veden määrä. Kolmannessa sarakkeessa on valuma-alueelta tulevan vir-

taaman ja pumpattavan virtaaman yhteismäärä. Neljännessä sarakkeessa on esitetty, kuinka paljon vettä vaihtuu vuodessa eri pumppausmäärillä. Seuraavassa sarakkeessa on laskettu, paljonko läntisen Pien-Saimaan veden vaihtumiseen kuluisi keskimäärin aikaa, kyseisellä vedenvaihtumismäärällä. Kuudennessa sarakkeessa on esitetty pumpatun veden määrä vuodessa (ei ole otettu huomioon valuma-alueelta tulevaa virtaamaa $4 \text{ m}^3/\text{s}$) ja laskettu, kullakin pumppausmäärällä aika, jossa koko läntisen Pien-Saimaan vesimäärä olisi teoriassa pumpattu. Mikäli pumppaus kohdistetaan Maaveteen ja pumppausmäärä on $20 \text{ m}^3/\text{s}$, vaihtuu Maaveden koko vesi vain muutamassa viikossa.

Kuvassa 35 on esitetty laskennan pohjalta laadittu kuvaaja pumppausmäärien vaikutuksesta veden vaihduntanopeuteen. Laskennassa ei ole otettu huomioon järvessä esiintyviä takaisinkytkentöjä, joissa pumpattu vesi palautuu takaisin läntiselle Pien-Saimaalle. Laskennassa on oletettu, että vaihtuva vesi olisi aina uutta vettä.



Kuva 35. Veden vaihtumisnopeuden riippuvuus pumppausmäärästä

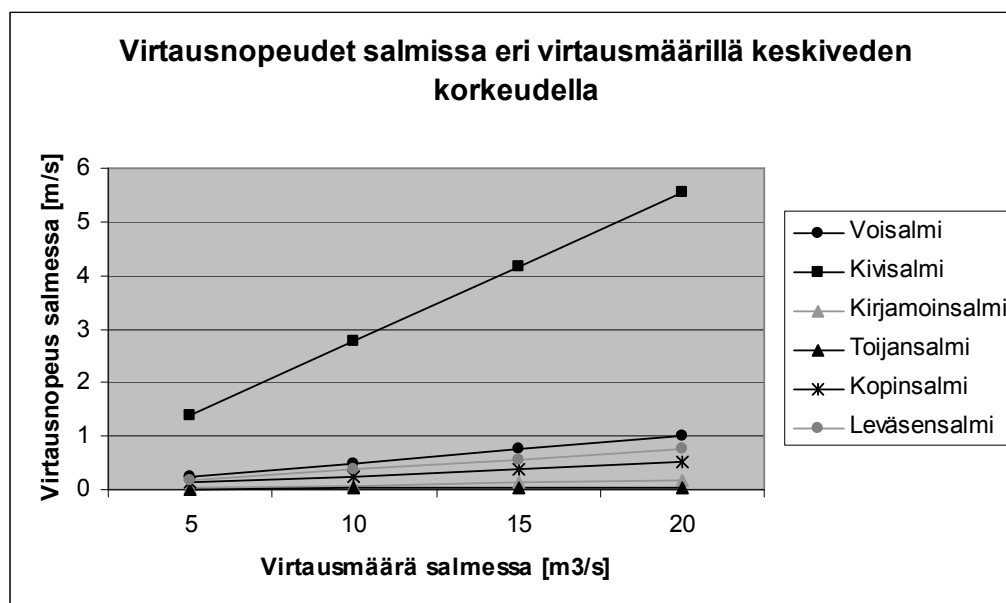
Virtausaukot. Veden siirtäminen pumpulla aiheuttaa vesistöön paineen, joka purkautuu vapaista virtausaukoista. Läntisellä Pien-Saimaalla vesi purkautuu yleensä yhdestä – kolmesta virtausaukosta. Keskeisiä virtausaukkoja ovat sillat Voisalmessa, Kivisalmessa, Kirjamoinisalmessa, Kopinsalmessa, Leväsensalmessa ja Toijansalmessa. Voidaan karkeasti olettaa, että virtausmäärät jakautuvat eri virtausaukkojen välillä virtausaukkojen poikkileikkausten poikkipinta-alojen suhteen. Näin voidaan karkeasti arvioida virtausten käyttäy-

tymistä ja virtausnopeuksia eri virtausaukoissa. Seuraavassa taulukossa 16 on esitetty edellä mainittujen virtausaukkojen mitat normaalilla vedenkorkeudella, sekä matalan veden aikaan.

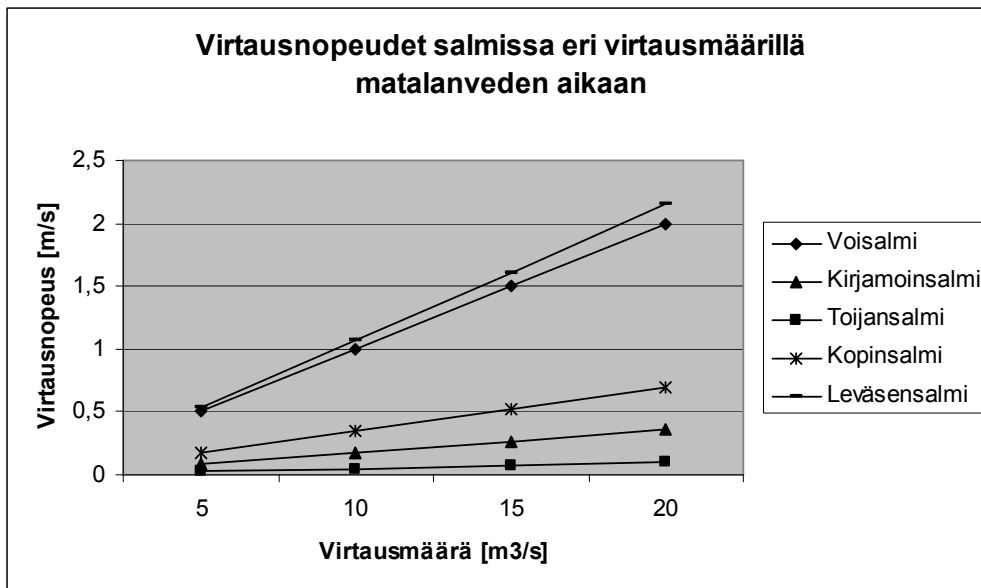
Taulukko 16. Keskeisten virtausaukkojen mitat. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009)

Suure	Yksikkö	Voisalmi	Kivisalmi	Kirjamoinsalmi	Toijansalmi	Kopinsalmi	Leväsensalmi
Aukon leveys	[m]	10	4	51,4	120	7,8	13,3
Vedensyvyys aukon kohdalla MW	[m]	2	0,9	2,4	4	5	2
Vedensyvyys aukon kohdalla LW	[m]	1	-0,4	1,1	1,7	3,7	0,7
Salmien poikkipinta-alat MW	[m ²]	20	3,6	123,2	480	38,8	26,6
Salmien poikkipinta-alat LW	[m ²]	10	0	56,5	204	28,7	9,31

Edellisen taulukon tietojen pohjalta on laadittu kuvaaja, joissa näkyy virtausmäärien vaikutus virtausnopeuteen kussakin virtausaukossa.



Kuva 36. Virtausnopeudet virtausaukoissa keskivedenkorkeudella



Kuva 37. Virtausnopeudet virtausaukoissa matalan veden aikaan. Kivisalmi kuivuu matalan veden aikaan kokonaan, joten tästä syystä se ei näy kuvassa.

Havaitaan, että MW:llä voimakkaita virtausnopeuksia saattaa muodostua Kivisalmeen ja LW:llä myös Voisalmeen ja Leväsensalmeen.

Tarkastellaan, miten virtausmäärät jakautuvat eri salmien välille eri pumppaamovaihtoehtoissa ja eri vedenkorkeuksilla sekä lasketaan salmien pinta-alojen mukaiset osuudet salmille. Taulukossa 17 on esitetty eri vaihtoehtoista aiheutuvat osuudet eri salmille.

Taulukko 17. Virtauksen suhteellinen jakautuminen virtausaukkojen välillä eri virtausmäärillä ja pumppauspaikoilla.

	Voisalmi	Kivisalmi	Kirjamoin- salmi	Kopinsalmi	Leväsensalmi
Salmien poikkipinta-alat MW	20	4	123	39	27
Salmien poikkipinta-alat LW	10	0	56	29	9
Kirjamoin- salmen pumppaamosta aiheutuva virtaus	X	X			X
Eri salmien osuudet MW:llä	0,4	0,07			0,53
Eri salmien osuudet LW:llä	0,52	0			0,48
Käkeläntaipaleen pumppaamosta aiheutuva virtaus				X	X
Eri salmien osuudet MW:llä				0,59	0,41
Eri salmien osuudet LW:llä				0,75	0,25
Kolhonlahti – Kolinlahti pumppaamosta aiheutuva virtaus ilman Kopinsalmen sulkua				X	X
Eri salmien osuudet MW:llä				0,59	0,41
Eri salmien osuudet LW:llä				0,75	0,25

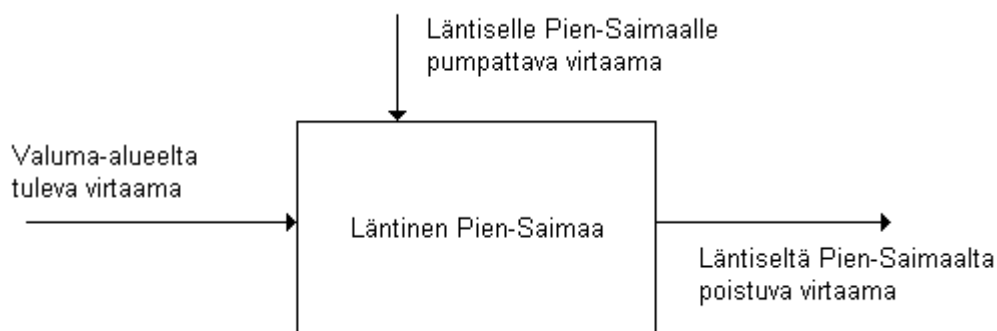
Taulukon avulla voidaan laskea virtausnopeuksia virtausaukoissa eri virtausmäärillä. Suur-
rehoja virtausnopeuksia muodostuu Voisalmessa (1 m/s), mikäli pumpataan Kirjamoin-
salmessa, Kopinsalmessa (0,5 m/s) ja Leväsensalmessa (0,5 m/s), mikäli pumpataan Käke-
läntaipaleella tai Kolhonlahti – Kolinlahti välillä. Edellä mainitut virtausnopeudet muodos-
tuvavat, mikäli pumpattava vesimäärä on 20 m³/s matalan veden aikaan. Vedenpinnan ollessa
normaalikorkeudella tai pumppausmäärän pienempi, virtausnopeudet pysyvät matalahkoi-
na. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli pumppaus toteutetaan Kirjamoin-
salmessa ja pumpatta-
va vesimäärä on lähellä 20 m³/s, tulee Voisalmessa suorittaa ruoppaustöitä ja virtausaukko-
jen laajennusta. Samoin, mikäli Maavedelle pumpataan lähelle 20 m³/s, tulee virtausaukko-
jen laajentamista harkita. Tämä pätee erityisesti Kolhonlahti – Kolinlahti pumppauksessa,
jos Kopinsalmeen asetetaan virtauseste. Tällöin jo 5 m³/s pumppaaminen aiheuttaa Le-
väsensalmessa virtauspoikkipinta-alan kasvattamisen tarvetta. 10 m³/s aiheuttaa jo 1,1 m/s
virtausnopeuden Leväsensalmeen, joten virtauspoikkipinta-ala tulisi kaksinkertaistaa, mi-
käli halutaan päästä noin 0,5 m/s virtausnopeuteen. Tämä tarkoittaisi karkeasti ottaen 12
kappaletta metrin halkaisijaltaan olevien putkien asettamista Leväsensalmen pengertielle.
Toinen vaihtoehto olisi silta-aukon kohdalla suoritettavat ruoppaukset. 20 m³/s pumppauk-
sella Leväsensalmen virtauspoikkipinta-alaa olisi kasvatettava entisestään.

Virtausaukkojen leventäminen on nähty vaihtoehtona pumppausratkaisulle. Tällöin laajennetaan salmien virtauspoikkipinta-aloja, joita ihmisen toiminta on kaventanut. Virtauspoikkipinta-alojen laajentaminen ei vaikuta eri osa-alojen välisiin paine-eroihin, mutta helpottaa veden liikkumista. Esimerkiksi virtausaukkojen rakentaminen Kirjamoinisalmen pengertiehen ei muuta virtaussuuntaa, sillä valuma-alueelta tuleva vesimäärä valuu edelleen kohti läntisen Pien-Saimaan itäosia. Nykyiset virtausmäärät ovat sen verran heikkoja, että nykyinen virtausaukko Kirjamoinisalmissa riittää virtaukselle hyvin. Mikäli lisävirtausaukkoja rakennettaisiin, helpottaisi se kuitenkin veden vaihtuvuutta silloin, kun veden korkeuden tai tuulten muutokset kääntävät virtauksen läntisen Pien-Saimaan länsiosien suuntaan.

Järkevimpiä paikkoja virtausaukkojen rakentamiselle olisivat Kirjamoinialmi, Voisalmi, Käkeläntaipale, Kopinsalmi ja Leväsensalmi. Kopinsalmissa virtausaukkojen laajentaminen vaatisi uuden sillan rakentamista. Leväsensalmissa ja Kirjamoinisalmissa virtausaukkojen lisäys voitaisiin toteuttaa asentamalla putkia pengertiehen. Käkeläntaipaleelle virtausaukko voitaisiin rakentaa kaivamalla avokanava Ukonrannanlahden ja Maaveden välille. Suhteessa eniten vaikutusta virtausaukkojen laajentamisella voitaisiin saavuttaa Maavedellä, sillä virtauksen suunta siellä on heikko ja vaihteleva, jolloin virtausaukkojen vaikutus korostuisi. Virtausaukkojen laajentamisen vaikutus Maaveteen käy ilmi myös Timo Huttulan tekemästä selvityksestä. Sen mukaan virtausaukkojen Kopinsalmissa ja Leväsensalmissa tulisi olla yhtä suuria eri vedenkorkeuksilla, jotta kumpikaan ei muodosta rajoitettavaa pinta-alaa. Toteutukseksi on ehdotettu virtausaukkojen 1,5–2 -kertaista kasvattamista, virtausesteiden poistoa ja kasvillisuuden niittoa, virtauskanavan ruoppaaminen Leväsensalmesta syvänteeseen ja virtausrumpujen asentamista Leväsensalmen pengertiehen sillan pohjoispuolelle. Kopinsalmeen ehdotetaan uuden sillan rakentamista. (Huttula 2003.) Pertti Laineen mukaan pelkällä virtausaukkojen laajentamisellakin voisi olla merkittävä positiivinen vaikutus Maaveden vedenlaatuun. (Laine 2009, suullinen tiedonanto 31.3.2009.)

Ravinteiden käyttäytyminen

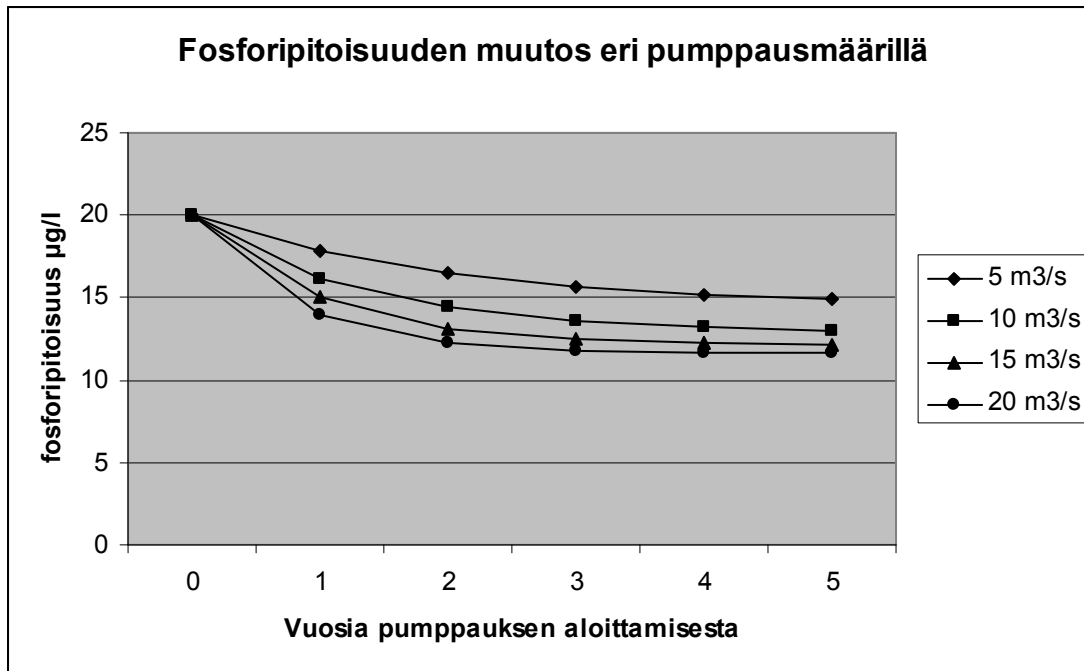
Tarkastellaan läntisen Pien-Saimaan fosforitasojen muutoksia karkeasti eri pumppausmäärillä massataselaskennan avulla. Laskenta perustuu siihen, että läntisen Pien-Saimaan keskimääräiseksi fosforipitoisuudeksi oletetaan $20 \mu\text{g/l}$ ($0,02 \text{ g/m}^3$) ja valuma-alueelta tulevan veden fosforipitoisuus oletetaan samaksi. Läntiselle Pien-Saimaalle pumpattavan veden fosforipitoisuuden arvioidaan olevan noin $10 \mu\text{g/l}$, joka on kutakuinkin Suur-Saimaan fosforipitoisuus. Kuvassa 38. on esitetty periaatekuva läntisestä Pien-Saimaasta pumppauksen alettua.



Kuva 38. Läntisen Pien-Saimaan fosforipitoisuuden muutoslaskennan periaatekuva

Vaikutustarkastelussa fosforin kiertoa järvessä yksinkertaistetaan niin, että sisäistä kuormitusta ja sedimentoitumista ei oteta huomioon. Sama koskee tietysti myös kerrostuneisuutta kesällä ja talvella. Tästä syystä, etenkin hapettomilla ajanjaksoilla, fosforipitoisuus nousee tilapäisesti, mutta pitkällä aikavälillä tarkasteltuna fosforin määrä vähenee. Tarkastellaan eri virtaamilla fosforin määrän käyttäytymistä. Valitaan tarkasteltavaksi ajaksi 5 vuotta, joka on 2010 vuodesta Euroopan Unionin vesiputedirektiivin tavoitteiden määräajasta 5 vuoden päässä.

Lasketaan karkeat arviot läntisen Pien-Saimaan fosforitasoista eri pumppausmäärillä käyttäen yhtälöitä 1 ja 2 Saadaan kuvan 39 mukainen kuvaaja.



Kuva 39. Fosforimäärien keskimääräinen kehitys eri pumppausmäärillä.

Havaitaan, että 5 m³/s virtaamalla fosforimäärät jäävät yhä korkeahkoiksi ja väheneminen on hidasta. Suuremmilla virtaamilla väheneminen on nopeampaa ja fosforitaso asettuu alemmas. Tällä laskentamenetelmällä saavutetaan merkittävä 25 % fosforinmäärän alenema 10 m³/s virtaamalla 560 päivässä ja 20 m³/s virtaamalla 250 päivässä.

Valitaan tässä selvityksessä tarkasteltaviksi virtausmääräksi 10 m³/s ja 20 m³/s. 20 m³/s valitaan tarkasteluun mukaan erityisesti siitä syystä että, pumpattava vesi ei ole välttämättä yhtä hyvälaatuaista kuin nyt on oletettu. Heikompilaatuista vettä pumpattaessa suurempi pumppausmäärä on lopputuloksen kannalta parempi. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että jos pumpattavan veden fosforipitoisuus olisi 13 µg/l, asettuu fosforipitoisuus noin arvoon 14 µg/l 20 m³/s virtaamalla. Suuremmalla virtausmäärällä pitoisuuden alenema saavutetaan nopeammin, mikä on myös alueen toimijoiden kannalta edullista, sillä tällöin tilapäinen ravinteikkaan veden kulkeutuminen jää lyhyt aikaisemmaksi.

Pien-Saimaan fosfori ja typpikuormitus voidaan arvioida karkeasti käyttäen apuna Pien-Saimaan valuma-alueelta tulevaa tunnettua virtaamaa ja olettamalla valuma-alueelta tulevaksi keskimääräiseksi fosforipitoisuudeksi 20 µg/l ja typpipitoisuudeksi 500 µg/l. Voidaan laskea vuotuiset kuormitukset, jolloin saadaan fosforikuormaksi 2,5 t/a ja typpikuor-

maksi 62 t/a. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että Kaukaan vedenpuhdistamolta vesistöön purkautuvat vastaavat määrät olivat 2007 noin 5,8 t/a ja 136 t/a. (UPM, Kaukas 2007) Vastaavasti Helsingin Veden Viikinmäen puhdistamo, joka puhdistaa lähes koko pääkaupunkiseudun jätevedet, päästää fosforia alle 50 t/a ja typpeä alle 1400 t/a. (Helsingin kaupunki, 2003)

5.4.2 Pumpun tehon laskenta ja vuosikustannukset

Tässä luvussa selvitetään pumppaamotoiminnasta aiheutuvia vuotuisia kustannuksia. Tässä kappaleessa suoritetaan myös pumpun tehon laskenta ja mitoitus.

Pumpun ominaisuudet ja käyttökustannukset

Pumpun käyttö vaatii toimiakseen moottorin, joka kuluttaa sähköä. Pumppu hyödyntää moottorille tulevan sähkön tietyllä hyötysuhteella. Taulukkoon 18 on koottu pumppauksen sähkökustannuksia eri sijoituspaikoilla eri virtausmäärillä. Tehonlaskenta esimerkki on esitetty liitteessä VI. Liitteessä V on esitetty erilaisten tunnuslukujen laskenta, joita on käytetty pumpun mitoituksessa ja optimoinnissa. Laskennassa on pyritty käyttämään optimaalisinta putkivaihtoehtoa, jonka valinta suoritetaan liitteessä X.

Taulukko 18. Pumppujen tehovaatimukset eri sijoituspaikoissa eri virtaamilla.

	Vir- taa- ma q_v [m ³ /s]	Kirjamoinsalmi	Käkeläntaipale	Kopinsalmi	Leväensalmi	Kolhonlahti - Kolinlahti	Vehkataipale
Teho [kW]	10	18,7	20,5	18,3	18,5	21,5	-
Teho [kW]	20	67,9	82,5	64,6	66,1	89,9	63,0

Sähkön hinnaksi on oletettu tässä selvityksessä 100 €/MWh. Seuraavassa taulukossa 19 on laskettu pumppauksen vuosikustannukset eri sijoituspaikoissa edellä laskettujen tehotietojen avulla, jos pumppaamo on toiminnassa täydellä teholla ympärivuotisesti.

Taulukko 19. Sähkökulutuksesta aiheutuvat vuosikustannukset eri sijoituspaikoissa eri pumppausmäärillä.

	Virtaama q_v [m³/s]	Kirjamoinsalmi	Käkeläntaipale	Kopinsalmi	Leväensalmi	Kolhonlahti - Kolinlahti	Vehkataipale
Vuosikust. [€]	10	16000	18000	16000	16000	19000	-
Vuosikust. [€]	20	59000	72000	57000	58000	79000	55000

Pappilansalmen pumppaamon kohdalla on otettava huomioon, että suunnitellun pumppaamon koko olisi 60 m³/s, jolloin kokonaiskäyttökustannukset kolminkertaistuisivat, käytettäessä kolmea 20 m³/s pumppua. Tällöin vuosikustannukset olisivat noin 165000 €. Havaitaan, että 10 m³/s pumppaus olisi sähkökustannuksiltaan suhteessa edullisempi vaihtoehto, kuin 20 m³/s pumppaaminen. Tämä johtuu käytetystä putkikoosta, joka aiheuttaa suurempia vastuksia suuremmille pumppausmäärille.

Kunnossapitokustannukset

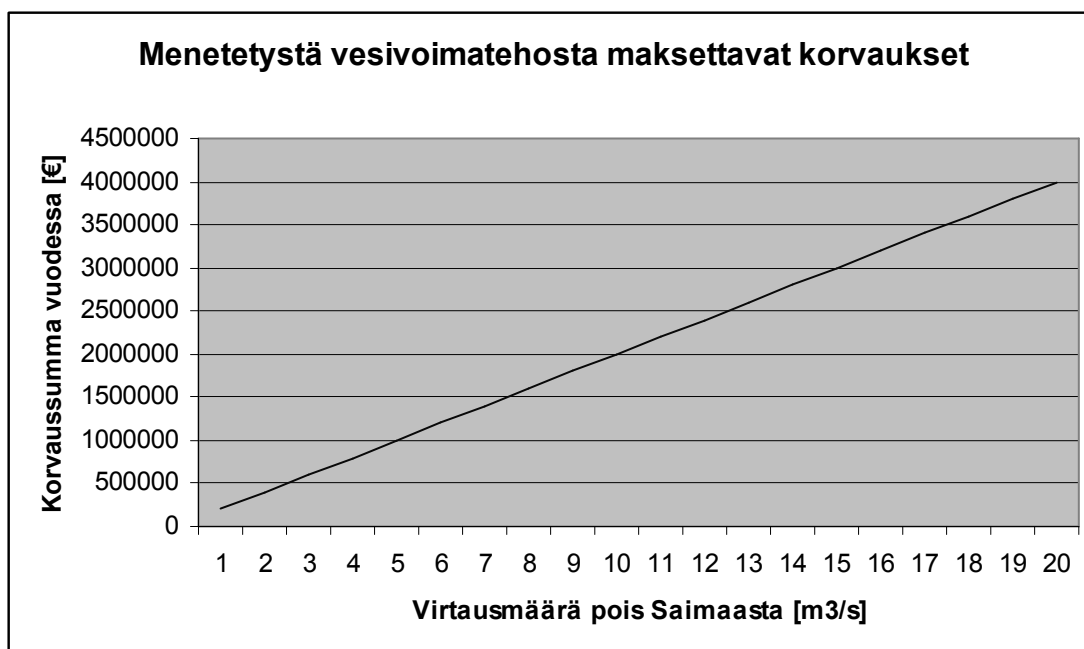
Pumppaamon toiminnan aikana pumppaamolle muodostuu kunnossapitokustannuksia huoltotoista, sekä vikaantumisista aiheutuvista kunnostustoimenpiteistä, kuten uusien osien investointikustannuksista. Kunnossapitokustannusten arvioiminen on hankalahkoa, mutta käytetään tässä selvityksessä keskimääräisinä kunnossapitokustannuksina 5000 € vuodessa. (Ahonen 2009) Sulkujen kunnossapitokustannuksiksi arvioidaan suluille 20 000 € vuodessa. Arvio perustuu Kutilan kanavan arvioituihin kunnossapitokustannuksiin. (Laaninen 2006)

Korvausveloitteet Vuoksen voimalaitoksille

Saimaa laskee Vuoksen kautta Laatokkaan. Vuoksen vesivoimapotentiaalia hyödynnetään sekä Suomen, että Venäjän puolella olevilla voimalaitoksilla. Suomen puolella rajaa voimantuotanto on Fortumin omistuksessa. Venäjän puolella voimalaitosten putouskorkeus on noin 30 metriä ja Suomen puolella 32 metriä. Mikäli Saimaan vettä pumpattaisiin pois Saimaasta, muihin vesistöihin, aiheuttaisi tämä energiantuotannon vähenemistä Vuoksen voimalaitoksilla. Tällöin toiminnasta aiheutuu korvausvelvollisuus Vuoksen voimalaitoksille. (Ollila M. 2009, yksityinen sähköpostiviesti 15.4.2009, Peltola 2009, yksityinen sähköpostiviesti 8.4.2009.) Koska putouskorkeudet ovat suuria, Peltolan mukaan pienikin vir-

taaman väheneminen merkitsisi merkittävää energiämenetystä. Karkeasti arvioiden korvausmäärä olisi noin 100000 € vuodessa sekä Fortumille että venäläisille vesivoimayhtiöille eli yhteensä 200000 €, mikäli pumpataan 1 m³/s vettä pois Saimaasta koko vuoden ajan. Vastaavasti 10 m³/s pumppaamisen korvaussumma olisi noin 2 miljoonaa euroa vuodessa. (Peltola 2009, yksityinen sähköpostiviesti 8.4.2009.)

Samalla periaatteella korvauksia maksetaan tällä hetkellä Kymijoen voimalaitoksille Päijännetunnelin kautta siirretystä vedestä. Tässä tapauksessa ympäristöluvan saanti ympäristölupavirastossa helpottuu, mikäli korvaussummista on neuvoteltu etukäteen. (Peltola 2009, yksityinen sähköpostiviesti 8.4.2009.) On kuitenkin mahdollista, että pienillä pumppausmäärillä voitaisiin päästä sopimukseen voimayhtiöiden kanssa siitä, ettei niille makseta korvausta. (Ollila M. 2009, yksityinen sähköpostiviesti 15.4.2009.) Tämä tulisi todennäköisesti kyseeseen vain siinä tapauksessa, että pumppausmäärät ovat erityisen pieniä. Kustannusten riippuvuus virtausmääristä on esitetty kuvassa 40. Ne vaihtoehdot, joissa pumppaaminen suoritetaan pois Saimaalta, on karsittu jo edellä. Kustannustarkastelussa oleville vaihtoehdoille ei aiheudu korvausvelvoitteita.



Kuva 40. Menetetystä vesivoimatehosta aiheutuvien korvausten suuruuden riippuvuus virtausmääristä.

5.4.3 Investoinnit ja investointivaiheen kustannukset

Putket ja niiden investointikustannukset

Pumppaamon rakentamista varten joudutaan rakentamaan avokanavia, putkistoja ja suoritamaan ruoppauksia. Tarkastellaan aluksi putkistoista aiheutuvia kustannuksia. Putkien asentamisesta ja investoinneista muodostuu kustannus, joka on pääasiassa riippuvainen putken pituudesta, halkaisijasta ja materiaalista. Tässä selvityksessä tutkitaan halkaisijaltaan 800 mm teräsputkea (tunkattava), 1000 mm ja 2000 mm betoniputkea sekä 3000 ja 4000 mm lujitemuoviputkea. Betoniputkia ei ole käytännössä saatavilla halkaisijaltaan yli 2000 mm kokoisina. (Kivi 2009, yksityinen sähköpostiviesti 4.5.2009.) Putkien karkeat metrihinnat on esitetty seuraavassa taulukossa 20.

Taulukko 20. Eri putkityyppien kustannushinnat (Kivi 2009, yksityinen sähköpostiviesti 4.5.2009. Kurki 2009, yksityinen sähköpostiviesti 15.5.2009.)

Putki [D_{putki}]	Hinta [€/m]
800 mm teräs	1000
1000 mm betoni	1000
2000 mm betoni	1500
3000 mm lujitemuovi	2477
4000 mm lujitemuovi	4070

Hinnat perustuvat Lemminkäinen Oy:n Jaakko Kiven ja Plastilon Oy:n Jari Kurjen hinta-arvioihin vaadittavista putkista. Plastilon Oy:n lujitemuoviputkissa käytetään hartsina ortoftaalipolyesteriä. Seinämänpaksuus 3 metriä halkaisijaltaan olevassa putkessa on 25 – 39 mm ja 4 metriä halkaisijaltaan olevassa putkessa 29 – 52 mm. Vaaditut seinämänpaksuudet perustuvat karkeisiin arvioihin ja lopulliset seinämänpaksuudet määräytyvät sijoituspaikan tarkempien tietojen mukaan. (Kurki 2009, yksityinen sähköpostiviesti 15.5.2009.)

Seuraavassa taulukossa on esitetty eri putkien kustannuksia eri sijoituspaikoissa. Alustavissa laskelmissa todetaan alle 3000 mm halkaisijaltaan olevat putket liian pieneksi tarvittaville virtauksille, joten se jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Vaadittavat virtausputkien pituudet ovat suuntaa-antavia, sillä tarkkoja pituuksia ei tämän selvityksen puitteissa voitu mitata.

Taulukko 21. Eri putkityyppien kustannukset eri sijoituspaikoissa.

	Kirjamoinsalmi	Käkeläntaipale	Kopinsalmi	Leväensalmi	Kolhonlahti - Kolinlahti	Vehkataipale
Putken pituus [m]	30	110	20	20	150	10
3000 mm lujitemuoviputki [€]	74000	272000	49500	49500	372000	24800
4000 mm lujitemuoviputki [€]	122000	44800	81400	81400	610000	40000

Jos pumppaamon putket vedetään pengertien lävitse, täytyy putket suojata liikenteen kohdistamalta paineelta. Varsinkin lujitemuoviputket, tulisi suojata pengertien rakenteissa niin, että tieliikenteen aiheuttama paino ei suoraan vaikuta putkeen vaan putkea ympäröivään suojarakenteeseen, esimerkiksi betonivaluun. Suojarakenteiden rakentaminen riippuu putken materiaalista ja kestävydestä. Lujitemuovien kohdalla on mahdollisesti hieman kustannustehokkaampaa rakentaa putkille suoja, jolloin voidaan rakentaa putket ohuemmalla seinämänpaksuudella ja säästää tällöin putken investointikustannuksissa. Tässä selvityksessä ei perehdytä tarkemmin putken suojarakenteisiin tai niiden kustannuksiin.

Tarkastellaan seuraavaksi eri putkimateriaalien ja putken halkaisijan vaikutuksia pumppauskustannuksiin eri sijoituspaikkavaihtoehtoisissa. Liitteen X. taulukossa on esitetty tehosäästöstä aiheutuvat kokonaissäästöt 20 vuoden aikajänteellä tarkasteltuna ja suuremman putkikoon tuoman lisäinvestoinnin vertailu. Seuraavaan taulukkoon on koottu pumppauskustannuksiltaan paras putkikoko eri virtauksilla.

Taulukko 22. Optimaalisin putkikoko eri virtaamilla.

	Putken halkaisija [mm]
Virtaama 5 m³/s	3000
Virtaama 10 m³/s	4000
Virtaama 15 m³/s	4000
Virtaama 20 m³/s	4000

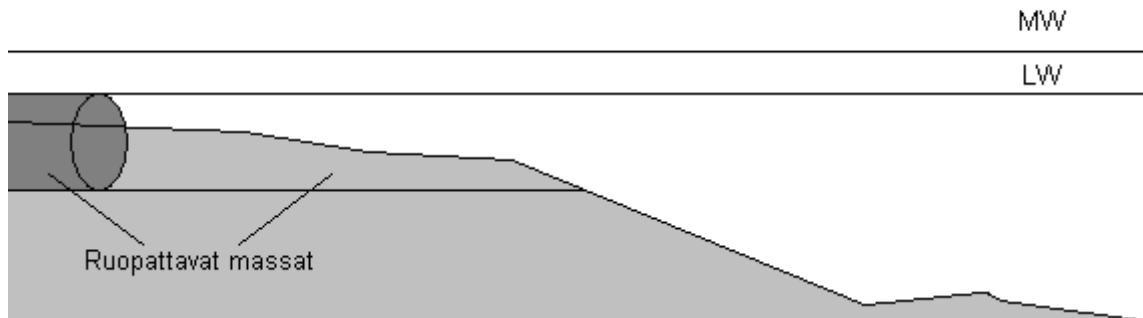
Erityisesti 20 m³/s virtaamalle vieläkin suurempi putkikoko olisi käyttökustannusten suhteen kannattavampi, mutta tässä selvityksessä tarkasteltiin suurimmillaan 4 metriä halkaisijaltaan olevan putken käyttöä.

Ruoppaukset ja niiden kustannukset

Osa pumppaamovaihtoehdoista vaatii ruoppaustoimenpiteitä vesistöissä, joilla syvennetään virtausuomaa tai poistetaan virtausta hankaloittavia esteitä. Ruoppaamalla voidaan niin ikään poistaa pumppaamon edustan pohjasedimenttejä, jolloin riski sedimenttien ”pölyämiseen” vähenee. Ruoppausmäärät on arvioitu eri sijoituspaikoissa halkaisijaltaan erikokoisille putkille. Ruoppausta joudutaan toteuttamaan niissä sijoituspaikoissa, joissa vesi on matalaa erityisesti pumppaamon imupuolella. Tällaisia kohteita ovat erityisesti Käkeläntaipale, Leväsensalmi ja Kolhonlahti. Mikäli pumppaamon sijoituspaikalle pystytään asentamaan 4000 mm ilman ruoppauksia, ko. sijoituspaikka vaihtoehto on jätetty ruoppaustarkastelun ulkopuolelle. Oletetaan tällöin, että sijoituspaikka on luontaisesti riittävän syvä pumppaamolle.

Ruoppausmäärien laskennassa on keskitytty pumppaamon imupuolen ruoppauksiin, sillä painepuolen ruoppaukset ovat huomattavasti pienempiä. Suurin osa ruoppauksista täytyy suorittaa, jotta vesistöön saataisiin asetetuksi mahdollisimman iso putki, siten että sen imupään suuaukon edessä olisi esteetön virtauskanava putken vaatimaan luontaiseen syvyyteen vesistöissä. Tarkemmat selvitykset alueella kertovat lopulliset ruoppausmäärät.

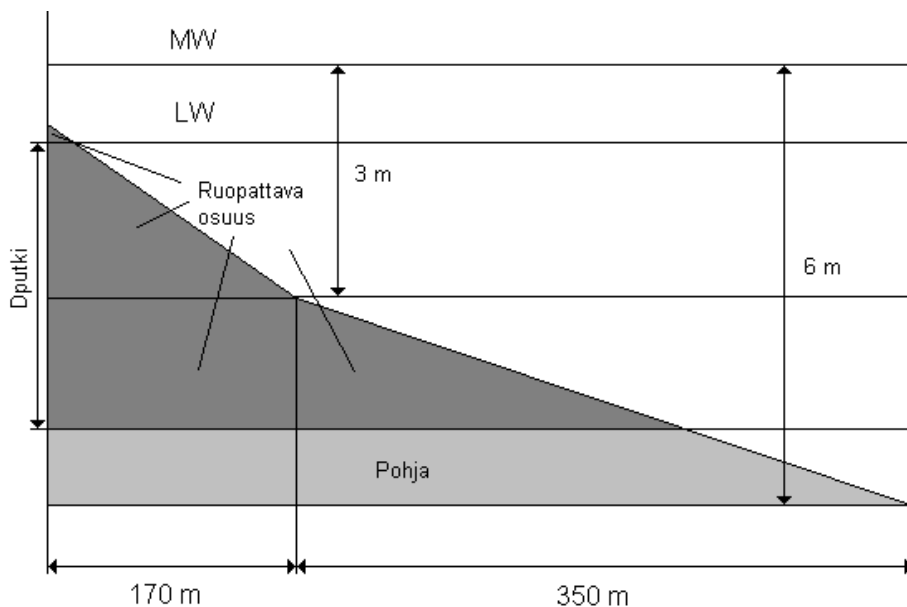
Ruoppaussuunnitelmat on laadittu tässä selvityksessä kahdella eri tavalla. Toisessa arvioinnissa ruopataan ”kanava” järven pohjaan pumppaamon imuputken suulta siihen syvyyteen asti, jossa matalan veden aikaan on yhtä syvää vettä, kuin imuputken halkaisija on. Tämän menetelmän periaate on esitetty kuvassa 41.



Kuva 41. Putken sijoittelu suhteessa ruoppauksiin ja vedenpinnan korkeuteen

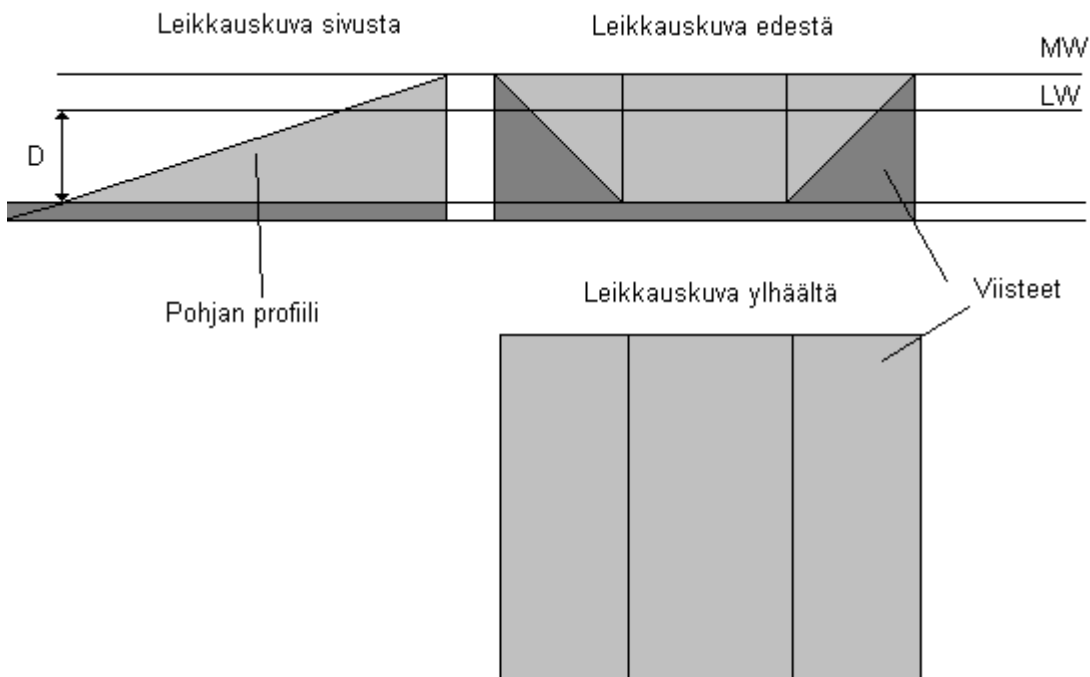
Toisessa vaihtoehdossa ruopataan imuputken suun edustalle pyöreä alue, jonka syvyys on sellainen, että matalan veden aikaan se on imuputken halkaisijan syvyinen. Mikäli pohja on ruopatus ympyrän ympäristössä liian matala, suunnitellaan ruopattuun ympyrään lisävirtauskanava.

Arviointi on suoritettu ensimmäisessä vaihtoehdossa, laatimalla pumppaamon imupuolen pohjasta sivuleikkausprofiili syvyystietojen avulla. Profiili on rakennettu laskennan yksinkertaistamiseksi suorakulmaisista kolmioista. Lasketaan kolmioiden pinta-alojen avulla kunkin putken vaatima leikkauspinta-ala. Tämän menetelmän periaate on esitetty kuvassa 42.



Kuva 42. Kolmiolaskennan peruseriaate

Tämän jälkeen on suorakulmaisen ruoppausleikkausmäärän tilavuus saatu, kun on arvioitu ruoppauskanavan leveydeksi 4000 mm putkella 20 metriä, 3000 mm ja putkella 10 metriä. Arvioinnit perustuvat kullakin putkikoolla pumpattaviin vesimääriin ja niiden vaatimien virtauskanavien kokoihin. Tämän lisäksi ruoppauskanavan seinämät on laskettu 1:1 viisteillä. Viisteiden kulma riippuu pohjan laadusta ja olosuhteista, mutta tässä selvityksessä laskennassa on käytetty 1:1 viisteitä. Todellisuudessa vaaditut viisteet saattavat olla 1:2 tai tietyissä kohdin jopa 1:6, mikäli pohja on helposti ”valuva”. (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2000.) Pohjaan ruopattavan virtauskanavan periaate kuva on esitetty kuvassa 43.



Kuva 43. Vesistön pohjaan ruopattava virtauskanava

Ruoppaukset toteutettaisiin talvella jäiden päältä, jolloin ruoppauskustannukset olisivat noin 7–8,5 €/m³. Selvitys on laskettu olettaen, että ruoppaus maksaisi 8 €/m³ (Rissanen 2006, 12; Tiehallinto 2005, 13.) Oletetaan, että ruopattavat massat ovat kohtalaisen helposti kaivettavia, sillä valtaosa ruoppausta vaativista alueista on savi- tai mutapohjaisia. Kustannukset sisältävät työalueen jäädytyksen, kaivun, massojen kuljetuksen, läjityksen sekä tasauksen. (Rissanen 2006, 12.) Tässä selvityksessä ei ole tutkittu esimerkiksi imuruoppauksen toteutusmahdollisuuksia ja kustannuksia.

Seuraavassa taulukossa on esitetty arvioituja ruoppausmääriä ja ruoppauskustannuksia eri sijoituspaikkojen painepuolilla. Käkäläntaipaleella, Leväsensalmessa ja Kolhonlahdessa 4000 mm putken käyttäminen kanavaruoppauksella on käytännössä mahdotonta, sillä vesistön syvyys on niissä liian pieni. Tarvittavan syvyyden saavuttaminen ruoppauksilla ei ole käytännössä mahdollista, koska matalan veden aikaan tarvittava yli 4000 mm luontaista syvyyttä ei ole useiden kilometrien säteellä.

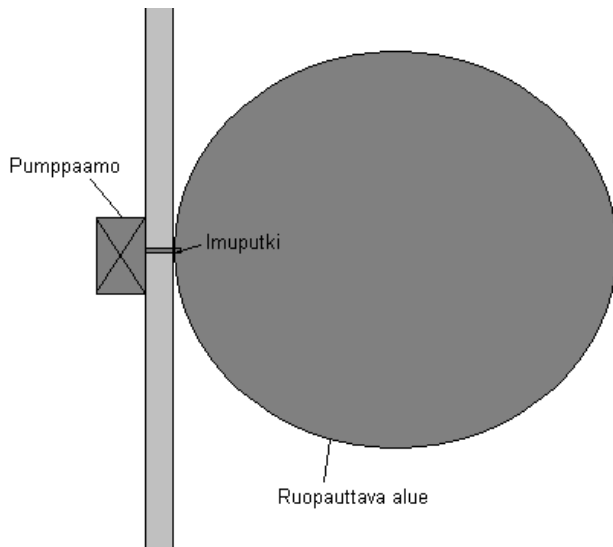
Taulukko 23. Ruoppausmäärät ja kustannukset eri sijoituspaikoissa kanavaruoppauksella

		Käkäläntaipale	Leväsensalmi	Kolhonlahdi
Ruopattava tilavuus				
3000 mm putkella	[m ³]	4900	16000	7000
Ruoppauskustannukset [8€/m³]				
3000 mm putkella	[€]	39000	130000	57000

Toisessa ruoppausvaihtoehdossa ruopataan putken suun edustalle ympyrän muotoinen kaivanto, joka on imuputken halkaisijan syvyinen matalan veden aikaan. Seuraavassa taulukossa 24 on esitetty laskennassa käytetyt ympyrän halkaisijat erikokoisille putkille.

Taulukko 24. Ruopattavan ympyräalueen halkaisijat erikokoisille putkille

Putken halkaisija	Ruopattavan alueen halkaisija
3000 mm	40
4000 mm	50



Kuva 44. Ympyräruoppauksen perusidea

Kussakin sijoituspaikassa on arvioitu keskisyvyys ruopattavalla alueella. Keskisyvyydestä on vähennetty 1,3 metriä, jolloin on saatu veden keskisyvyys matalan veden aikaan. Tämän jälkeen on laskettu keskimääräinen ruoppausvyvyys, kun syvyyden tulee olla matalan veden aikaan putken halkaisijan syvyinen. Keskimääräisen ruoppausvyvyyden ja ruoppausalueen pinta-alan avulla on laskettu ruoppausmassojen määrä ja ruoppauskustannukset. Todellisuudessa ruoppausalueen seinämät tulee laatia viisteillä kuten 1:2, jotta pohjan ja ruoppauksen kulma ei ole liian jyrkkä. Virtaus kuluttaa pikkuhiljaa kulmaa ja kasaa maainesta kaivannon pohjalle. Loivemmilla viisteillä voidaan hidastaa ruoppausreunan kulumista. Ruoppausmassojen ja kustannusten lasku on esitetty Liitteessä IX.

Tällä ruoppausmenetelmällä ongelmia aiheuttaa vesistön mataluus. Matalan veden aikaan rantaviiva siirtyy monissa sijoituspaikoissa kymmeniä metrejä, jolloin vaarana on, että ruopatun ympyrän reunat pääsevät kuivumaan kokonaan. Tällainen riski on olemassa Käkeläntaipaleella, Leväsensalmessa ja Kolhonlahdella. Näissä paikoissa vesistö syvenee niin hitaasti, että edes merkittävästi laajempi ympyrä ei takaa veden saantia. Tällöin vaihtoehdoksi jäisi ruopata kanava suurempaan syvyyteen. Kanavan ei tarvitse olla yhtä syvä kuin kanava ruoppausosiossa, mutta kuitenkin niin leveä, että kanavan virtauspoikkipinta-ala matalan veden aikaan riittäisi takaamaan veden riittävyuden ympyräruoppausalueella. Laskennassa on käytetty lisäkanavaa siten, että niiden virtauspoikkipinta-ala vastaa 1 m/s virtausnopeutta halutulle virtaamalle.

Taulukko 25. Ympyräruoppausmäärät ja kustannukset eri sijoituspaikoissa.

		Käkeläntaipale	Leväsensalmi	Kolholahti
Ruopattava tilavuus				
3000 mm putkella	[m ³]	4200	5200	4400
4000 mm putkella	[m ³]	9400	18000	11000
Ruoppauskustannukset (8€/m³)				
3000 mm putkella	[€]	33000	41000	36000
4000 mm putkella	[€]	75000	141000	85000

Havaitaan, että ympyräruoppauksen ja mahdollisen lisävirtauskanavan yhdistelmällä, päästään pienempiin ruoppauskustannuksiin, joten käytetään laskennassa jatkossa tällä menetelmällä saatuja tuloksia. Tässä kohtaa on otettava huomioon, että edellä esitettyssä ruoppauslaskennassa ei otettu huomioon diffuusoria, vaan ruoppaus laskettiin putken koon mukaan. Ympyräruoppauksessa diffuusori vaatii mahdollisesti pienemmäjä lisäruoppauksia, mutta niitä ei ole tässä selvityksessä otettu huomioon.

Liitteessä X. on tarkasteltu ruoppauskustannusten ja putken investointikustannusten lisääntymistä siirryttäessä suurempaan putkikokoon ja verrattu tulosta suuremman putkikokoon ansiosta saavutettuun energiasäästöön pumppauskustannuksissa 20 vuoden aikajänteellä. Havaitaan, että suuremman putkikokoon mukanaan tuomat kustannussäästöt pumpunenergiakustannuksina ovat suuremmat, kuin ruoppauskustannusten lisäys siirryttäessä suurempaan putkikokoon. Ainoat poikkeukset tähän saattavat olla Kirjamoinnsalmi ja Leväsensalmi, joissa kustannukset ovat suunnilleen samat 3000 ja 4000 mm putkilla kun pumpataan 10 m³/s.

Pumppaamon laitteistot ja niiden investointikustannukset

Laitteiston investointikustannukset muodostuvat pumpun, moottorin ja pumppaamorakennuksen investointikustannuksista. Putkistojen ja muiden lisäosien investointikustannukset on käsitelty muissa kappaleissa.

Pumppu. Mikäli 20 m³/s virtaus toteutetaan yhdellä vaaka-akselisella potkuripumpulla, nousee pumpun investointikustannus jopa yli 100 000 €. (Heikkilä 2009) Käytetään tätä arviota laskennassa ja 10 m³/s virtaamalla 75 000 €.

Moottori. Pumppu tarvitsee toimiakseen moottorin, joka on akselin välityksellä yhteydessä pumppuun. Tarvittava pumpun pyörimisnopeus on alhainen, yleisesti ottaen alle 30 rpm. Pyörimisnopeudeltaan vastaavan suuruiset moottorit ovat suurikokoisia ja kustannuksiltaan kalliita. Paras vaihtoehto olisi asettaa pumpun ja moottorin väliin vaihde, jolla nopeasti pyörivän moottorin nopeus saataisiin muunnettua hitaammaksi pyörimisnopeudeksi pumppuun. ABB Oy:n Pekka Ollilan mukaan järkevintä olisi käyttää nopeasti pyörivää valmiiksi saatavilla olevaa pumppua ja vaihdetta. Vaihteen välitykseksi tulisi, pumpun pyörimisnopeudella 20 rpm, 1/75. Moottorin pyörimisnopeudeksi suositellaan 1500 rpm. Tällöin moottorin investointikustannukset 10 kW moottorille olisivat 500 € ja 75 kW moottorille noin 3500 €. (Ollila P. 2009 puhelinkeskustelu 1.7.2009.)

Vaihde. Pumpun ja moottorin väliin täytyy asentaa vaihde, jolla moottorin kierrosluku voidaan muuntaa pumpulle sopivaksi. Vaihteeksi voisi soveltua Kumera Machinery Oy:n lieriövaihde TGM-3355, jonka investointikustannukset ovat 14 400 €. (Moisio 2009, suullinen tiedonanto)

Pumppaamorakennus. Arvioidaan pumppaamorakennuksen investointikustannusten suuruudeksi 100000 €. Tämä vaihtelee todellisuudessa jonkin verran sijoituspaikasta riippuen. (Kivi 2009 yksityinen sähköpostiviesti 4.5.2009.)

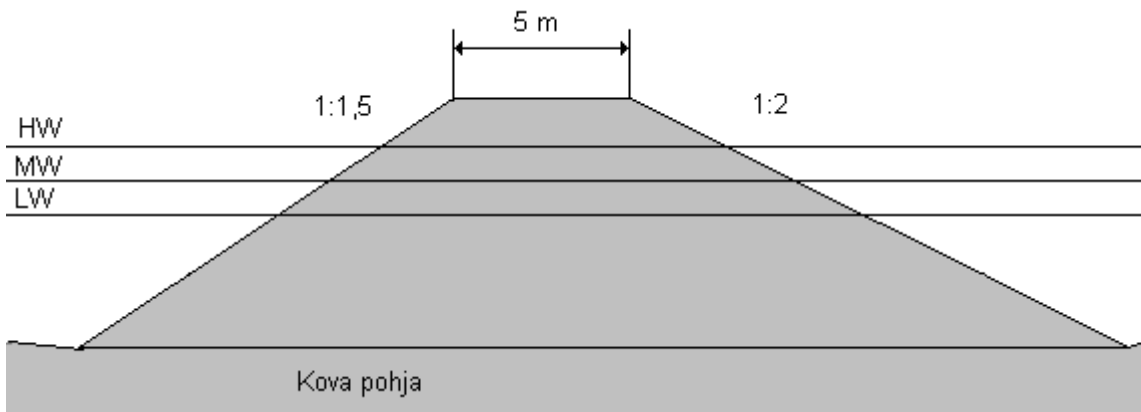
Patojen ja sulkurakenteiden kustannukset

Padot. Tässä kappaleessa tarkastellaan padoista ja suluista aiheutuvia kustannuksia. Patojen rakentamista edellytetään, mikäli virtausaukkojen virtauspoikkipinta-alaa täytyy kaventaa tai virtausta täytyy ohjata tiettyyn suuntaan. Suurehkojen patojen rakentaminen otetaan huomioon Kutilan kanavan toteutuessa Toijansalmessa. Pienempiä, lähinnä virtausta ohjaavia patoja, suunnitellaan Kopinsalmeen.

Padonrakentaminen on välttämätöntä Kutilan kanavan vaihtoehdossa. Kutilan kanavan rakentamisen yhteydessä padon avulla voitaisiin estää virtaus etelään ja ohjata Suur-

Saimaan vettä Kopinsalmen pumppaamalla. Padon sijoituspaikaksi sopisi Toijansalmi, jossa on nykyisin silta. Toijansalmen pato vaatisi sulkujen rakentamista. Tässä selvityksessä tutkitaan padon rakentamista aallonmurtajan tapaisesti louheesta. Padon yli olisi mahdollista suunnitella tien rakentamista, mutta jätetään tienrakentamisen tarkempi tarkastelu selvityksen ulkopuolelle ja keskitytään itse patoon. Käytetään padon rakennuskustannusten laskennassa apuna Heikki Knuutilan laatimaa aallonmurtajan kustannusarviota. (Knuutila 2007 21 - 22.)

Arvioidaan padon harjan leveydeksi 5 metriä ja suunnitellaan pato siten, että imupuolella padon luiskat rakennetaan 1:2, kuten aallonmurtajissa aallokon puoli ja painepuoli 1:1,5. Toijansalmen syvyys vaihtelee noin välillä 0-8 metriä, ja arvioidaan keskisyvyudeksi 6 m. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009; Veneily CD 2006.) Arvioidaan patoon 2 metrin varmuuslisäkorkeus, jotta vedenpinnan ollessa korkealla vesi ei ylitä patoa. Oletetaan, että pohjan maamassoissa ei ole kovin paljon upottavuutta, vaan kova pohja on lähellä pohjan pintaa. Tällöin tarkasteltavan padon keskikorkeus on Toijansalmessa 8 metriä. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009.) Patojen poikkileikkauksen alaksi saadaan 152 m^2 . Padon pituus olisi noin 90 metriä, joten padon tilavuus olisi noin 13000 m^3 . Oletetaan penkereeseen tarvittavan louhoksen hinnaksi 12 €/m^3 (Knuutila 2007 22.), jolloin padon materiaalikustannukset olisivat noin 160000 €. Tässä täytyy kuitenkin ottaa huomioon melko suuri kustannushaarukka, mikäli pohja on upottava ja vaatii enemmän materiaalia. Lisäksi murskeen massa painaa pohjan pehmeitä materiaaleja, jotka puristuvat padon alta pois, jolloin padon ympärillä saattaa aiheutua ruoppauksen tarvetta. Padossa käytettävän materiaalin kustannukset vaihtelevat sen mukaan onko läheltä saatavilla esimerkiksi sopivaa purkujättekiveä tai muuta vastaavaa materiaalia, joka voitaisiin käyttää padon rakennusmateriaalina. Käytetään padon rakentamiskustannusten hinnaksi 10 €/m^3 , kuten muissakin maansiirtokustannusten laskuissa. Tällöin työn kustannukset olisivat 136000 €. Oletetaan, että sulkurakenteita varten pato täytyy päällystää noin kahden metrin paksuisella raudoitettulla betonikerroksella. Saadaan tarvittavan betonin määräksi 3000 m^3 , oletetaan betonin hinnaksi 50 €/m^3 . Betonista, raudoituksista ja valutöistä, sekä muottienrakentamisesta arvioidaan muodostuvan yhteensä noin 150 €/m^3 . (Mikkola 2009) Saadaan patoon käytettävien betonitöiden kustannuksiksi 450000 € eli padon yhteiskustannukset olisivat Toijansalmessa 746000 €.



Kuva 45. Padon poikkileikkaus

Taulukko 26. Padon tiedot

	Yksikkö	Toijansalmi
Padon harjan halkaisija	[m]	5
Keskisyvyys	[m]	6
Padon kokonaiskorkeus	[m]	8
Padon pituus	[m]	90
Padon tilavuus	[m ³]	14000
Padon materiaalikustannukset	[€]	160000
Padon rakentamisen työkustannukset	[€]	136000
Betonityöt	[€]	450000
Padon rakentamisen kokonaiskustannukset	[€]	746000

Sulut. Patojen lisäksi selvitetään sulkujen rakentamiskustannuksia niissä vaihtoehtoissa, joissa virtausta täytyy rajoittaa vesiliikenteen käyttämissä kulkureiteissä. Vesiliikenneväylä edellyttää sulun rakentamista Kirjamoinsalmeen. Kutilan kanavan toteutuessa Toijansalmen pato vaatii sulun. Forsiuksen tekemän selvityksen mukaan avokanavan rakentaminen Kutilaan merkitsisi 8–13 % virtaushäviötä Vehkatalpaaleen pumppaamon virtaamaan. (Forsius 1989, 2.) Tästä syystä kanavan rakentaminen vaatisi joka tapauksessa virtausta estävän sulun rakentamisen. Tämän lisäksi tarkastellaan pienempien sulkujen rakentamista vesiliikkujien säännöllisesti käyttämille kulkureiteille, joita ovat Kopinsalmi ja Leväsensalmi. Seuraavaan taulukkoon on kerätty tietoja eri sulkujen ja patovaihtoehtoista ja salmien tiedoista.

Taulukko 27. Patojen ja sulkulaitteistojen sijoituspaikkojen tiedot

		Kirjamoin- salmi	Kopin- salmi	Leväsensalmi	Toijansalmi
Sulun leveys	[m]	10	7	7	10
Salmen syvyys (luontainen)	[m]	4	4-4,5	2	8
Salmen syvyys (ruoppauksen jälkeen)	[m]	4	4-4,6	4	8
Pohjan laatu		kivi/muta	muta/hiekka	muta	Muta
Sulkutyyppi		Kallioliikkauk- sessa	Silta- aukossa	Silta- aukossa	Padon keskellä
Padon leveys	[m]				90
Vesistön syvyys padon kohdalla	[m]				0-8

Sulkujen kustannuksiin pääsee käsiksi, kun tarkastellaan keväällä 2009 Lohjan Väänteenojoelle rakennettua sulkua. Sulku suunniteltiin joko moottori- tai käsikäyttöinen ja siinä on betonista rakennetut seinät. Sulku on 18 metriä pitkä ja siitä pääsee 13 metriä pitkällä ja 3,5 metriä leveällä veneellä. Sulun rakentamiskustannuksiksi kokonaisuudessaan arvioitiin 482 000 €. (Soinio, 2009.) Käytetään apuna myös Juankosken kanavointi suunnitelmaa, jossa Juankoskeen ja Karjaankoskeen rakennettiin kanavan rakentamisen yhteydessä sulut. Projektin kokonaiskustannuksiksi arvioitiin 6 650 000 €. Näissä projekteissa sulkujen osuudet olivat suuremmat kuin Väänteenojoen sulkujen kustannukset.

Sulkujen rakentaminen Kirjamoinisalmeen vaatii kanavan kaventamista. Virtausesteeksi voisi soveltua verhosulku tai pistoportti. Verhosulku nousee kiskojen avulla pohjasta ja pistoportti liikkuu kanavan eteen sivulta. Kanavan avaaminen toimisi manuaalisesti ja vaatisi odotuslaitureiden rakentamisen kanavan molemmin puolin. (Merenkululaitos 2009) 2,4 metrin vesiliikenneväylään rakennettavien sulkujen mitoituksen perusteena voidaan käyttää m/s Camillaa, jonka leveys on 8,4 metriä ja pituus 31,2 metriä. (Räsänen M, 2009) Tämän lisäksi olisi huomioitava purjevereiden kulkumahdollisuudet. Tällöin Kirjamoinisalmen suunniteltu sulku olisi 10 metriä leveä, 4 metriä syvä ja noin 30 metriä pitkä. Koska sulussa on vain yksi sulkuportti, pääsee siitä kulkemaan myös pidemmällä aluksella. Mitoituksessa käytetään samankokoista sulkua myös Toijansalmen padon yhteydessä. Kopinsalmen ja Leväsensalmen sulkujen mitoitusleveydeksi valitaan 7 metriä ja pituudeksi 20 metriä. Kopinsalmi on noin 4-5 metriä syvä ja Leväsensalmi 1-2 metriä.

Sulkujen rakentaminen vaatii salmen kuivattamista työpatojen avulla. Käytetään työpatojen kustannusten arvioimiseksi 1:2 viisteillä rakennettavaa louhepatoa, jonka harjan leveys on noin 2 metriä. Arvioidaan padon rakennus ja purkukustannuksiksi yhteensä 10 €/m³ ja materiaalin hinnaksi 12 €/m³. Työpato täytyy rakentaa molemmin puolin suunniteltua sulkua. Toijansalmen ja Kirjamoinisalmen tapauksessa työpato tulee rakentaa koko salmen poikki. Kopinsalmessa ja Leväsensalmessa riittää kun pato rakennetaan kiertämään silta-aukko.

Tämän jälkeen sulkuihin rakennetaan betonivuoraukset. Käytetään edellä esitettyjä sulkujen mittoja ja arvioidaan betoniverhouksen paksuudeksi 2 metriä. Vettä kestävä betonin kustannukset ovat noin 50 €/m³. Tämän lisäksi raudoituksista ja valuista ja niiden valmisteluista arvioidaan aiheutuvan noin 100 €/m³ (Mikkola 2009).

Toijansalmessa ja Kirjamoinisalmissa sulkuporttien korkeudeksi arvioidaan 5 metriä ja yhteisleveydeksi 10 metriä. Kopinsalmessa korkeudeksi arvioidaan 5 metriä ja leveydeksi 7 metriä. Leväsensalmessa korkeudeksi arvioidaan 2,5 metriä ja leveydeksi 7 metriä. Sulkuportit rakennetaan 10 mm teräksestä ja vahvistetaan RHS -putkella. (Mikkola 2009) Lasketaan sulkuporttien tilavuus ja käytetään teräksen tiheytenä 7800 kg/m³. (Mikkola 2009) Teräksen hinnaksi arvioidaan 10 €/kg. (Mikkola 2009) Tässä laskennassa on oletettu, että yhden sulkuportin rakentaminen riittää. Mikäli tuulet aiheuttavat merkittäviä vedenpinnan korkeuseroja sulun eripuolille, tulee rakentaa kaksi sulkuporttia ja sulkukammio. Muutoin veden virtausnopeus on liian voimakas sulun avaamisen jälkeen. Erityisen herkkä paikka vedenpinnan korkeuserojen muodostumiselle on Kopinsalmi. Toinen vaihtoehto on pitää sulkua auki jatkuvasti, kun vedenpinnan korkeusero ylittää tietyn arvon. Talviaikaan sulkua voidaan sen sijaan pitää jatkuvasti kiinni. Mikäli päädytään sulkukammion rakentamiseen, voidaan toinen sulkuporteista pitää auki vedenpinnan korkeuksien ollessa lähellä toisiaan. Sulkuporttien laitteistojen hydrauliiikka sylinterien ja öljyjen hinnaksi arvioidaan 5000 € ja nivelten kustannuksiksi 5000 €. (Mikkola 2009) Molemmin puolin sulkua rakennettavien odotuslaiturien hinnaksi arvioidaan 20 000 €, joka vastaa Juankosken odotuslaitureiden kustannusarviota.

Kirjamoinisalmissa sulun leveys on noin 10 metriä ja aukon leveys 40 metriä. Tämä vaatii kavennuspatojen rakentamista. Pato on harjaltaan 4 metriä leveä ja 1:2 viisteillä rakennet-

tu. Lisäksi siinä on betoni ja teräs vahvistukset. Kavennuspadon kustannuksiksi arvioidaan 144 000 €.

Näiden lisäksi maaperän tutkimus ja lujitustöiden hinnaksi arvioidaan 20 000 €. Taulukossa 28 on esitetty sulun rakentamiskustannukset eri vaihtoehdoissa.

Taulukko 28. Sulkurakenteiden kustannukset

		Kirjamoinsalmi	Toijansalmi	Kopinsalmi	Leväsensalmi
Hydrauliikkasyylinterit ja öljyt	[€]	5000	5000	5000	5000
Nivelet	[€]	5000	5000	5000	5000
Kuivatuspatojen kustannukset	[€]	384000	1810000	576000	201000
Odotuslaiturit	[€]	20000	20000	20000	20000
Betonyöt	[€]	162000	160000	27000	14000
Kaventaminen	[€]	144000	0	0	0
Sulkuportin teräksen hinta	[€]	39000	39000	27000	13000
Vahvikeputken kustannukset	[€]	6000	6200	4300	2100
Maaperän tutkimukset ja lujitustyöt	[€]	20000	20000	20000	20000
Yhteensä	[€]	790000	2070000	685000	282000

Sulun investointi Toijansalmen patoon olisi selkeästi kustannuksiltaan kallein vaihtoehto. Kopinsalmen ja Kirjamoinsalmen sulkujen kustannukset ovat kutakuinkin samaa luokkaa. Kopinsalmen ja Leväsensalmen osalta voisi olla mahdollista käyttää salpausportti ja virtausalan kaventamista. (Merenkululaitos 2009) Tämä vaatisi kuitenkin tarkempia tutkimuksia.

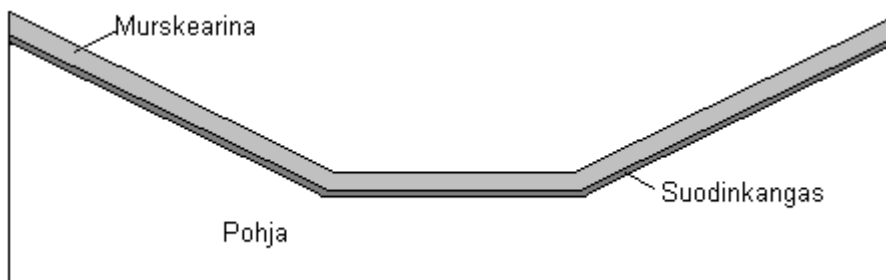
Maansiirtotöiden kustannukset

Pumppauksen järjestäminen vaatii maansiirtotöiden toteuttamista käytännössä kaikissa sijoituspaikkavaihtoehdoissa. Suurimmat maansiirtotyöt muodostuvat patoteiden katkaisusta ja putken rakentamisesta patotiehen, avokanavien kaivamisesta ja putkien upottamisesta maahan. Tässä kappaleessa keskitytään maansiirtotöiden kustannuksiin. Tässä kohtaa on kuitenkin otettava huomioon, että tämän selvityksen puitteissa ei ole perehdytty tarkasti maanlaatuihin ja muihin maansiirtotöiden kustannuksiin ja toteutustekniikoihin vaikuttaviin tekijöihin, vaan arviot on suoritettu karkeasti. Laskenta perustuu Lemminkäinen Oyj:n väylärakentamisjohtajan Jaakko Kiven esittämiin karkeisiin kustannusarvioihin. Seuraavaan taulukkoon on koottu kustannustietoja, joiden pohjalta laskenta on toteutettu.

Taulukko 29. Maansiirtotöiden hinnasto (Kivi 2009, yksityinen sähköpostiviesti 4.5.2009)

Kustannus	Yksikkö	
Kaivamisen hinta	[€/m ³]	5
Suodinkankaan hinta asennettuna	[€/m ²]	2
Verhomurskeen hinta asennettuna	[€/m ³ krt]	40
Maaleikkauksessa kaivamisen ja täytön hinta	{€/m ³ }	10

Avokanavat. Seuraavaksi tarkastellaan avokanavan rakentamiskustannuksia. Avokanavan kustannukset muodostuvat kaivamiskustannuksista, suodinkankaan ja verhomurskeen asentamisesta kanavan seinille ja pohjalle. Tarkastellaan kanavan rakentamista 1:1,5 luisilla, koska Vehkataipaleen pumppaamon avokanava on rakennettu samaan tapaan. Kanavan kustannukset voidaan optimoida muuttelemalla kanavan pohjan leveyttä ja kanavan veden syvyyttä normaalilla vedenkorkeudella. Kustannusarviota laskettaessa on oletettu, että maasto on hiekkamaata, kaivamisjätteet kuljetetaan 0–1 km päähän, eroosiosuojaukseksi riittää suodinkangas ja 0,3 m paksuinen verhomurskekerros. (Kivi, sähköpostiviesti 4.5.2009.)

**Kuva 46.** Avokanavan poikkileikkaus

Seuraavassa taulukoissa 30 ja 31 on esitetty mitat ja kokonaiskustannukset avokanavalle Käkeläntaipaleen ja Kolhonlahti – Kolinlahti tapauksissa. Kuolimo – Lavikanlahti avokanavan kustannuksia ei lasketa, koska vaihtoehdon toteutuminen on todettu mahdottomaksi. Laskennassa on valittu virtausnopeudeksi kanavassa 1 m/s ja etsitty kokonaiskustannuksiltaan edullisimmat mitat kanavalle, jotta saavutetaan ko. virtausnopeus eri virtausmäärillä.

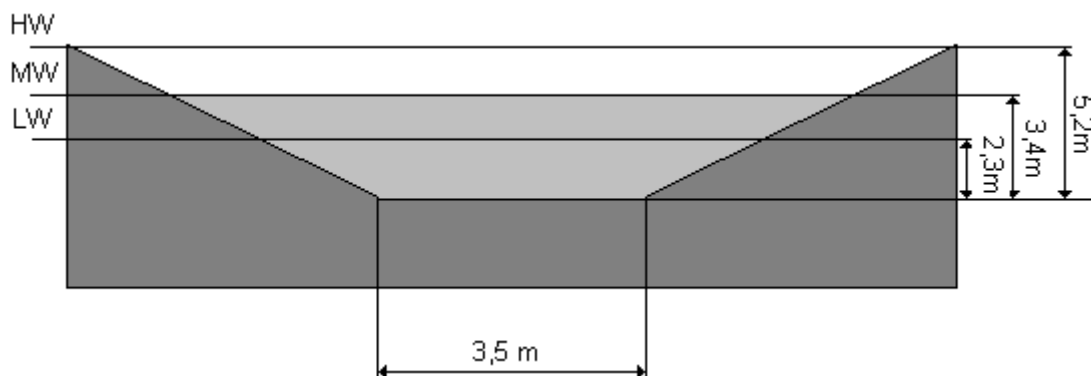
Taulukko 30. Avokanavan kustannukset Käkeläntaipaleella eri virtaamilla

Suure	Yksikkö		
Virtaama	[m ³ /s]	10	20
Avokanavan pohjan leveys	[m]	1,2	3
Veden korkeus MW	[m]	2,2	2,8
Veden korkeus HW	[m]	3,5	4,1
Leveys yläreunassa	[m]	11,7	15,3
Virtauspoikkipinta-ala	[m ²]	10	20
Kanavan pituus	[m]	110	110
Kaivamiskustannukset	[€]	12000	20000
Suodinkankaan kustannukset	[€]	1700	2300
Verhomurskeen kustannukset	[€]	10000	14000
Avokanavan kustannukset yhteensä	[€]	24000	37000

Taulukko 31. Kolhonlahti – Kolinlahti avokanavan kustannukset eri virtaamilla

Suure	Yksikkö		
Virtaama	[m ³ /s]	10	20
Avokanavan pohjan leveys	[m]	1,2	3
Veden korkeus MW	[m]	2,2	2,8
Veden korkeus HW	[m]	3,5	4,1
Leveys yläreunassa	[m]	11,7	15,3
Virtauspoikkipinta-ala	[m ²]	10	20
Kanavan pituus	[m]	800	800
Kaivamiskustannukset	[€]	90000	150000
Suodinkankaan kustannukset	[€]	12000	17000
Verhomurskeen kustannukset	[€]	72000	100000
Avokanavan kustannukset yhteensä	[€]	170000	270000

Vehkataipaleen pumppaamolla on 250 metriä pitkä avokanava. Mikäli virtaus nostettaisiin 40 m³/s:sta 60 m³/s, olisi nykyistä kanavaa laajennettava, jotta vedenkorkeus ja virtausnopeudet eivät pääsisi kasvamaan nykyisestä. Seuraavassa kuvassa 47 on esitetty Vehkataipaleen pumppaamon avokanavan nykyinen poikkileikkaus.



Kuva 47. Vehkataipaleen avokanavan poikkileikkaus (Von Herten 1938, 18)

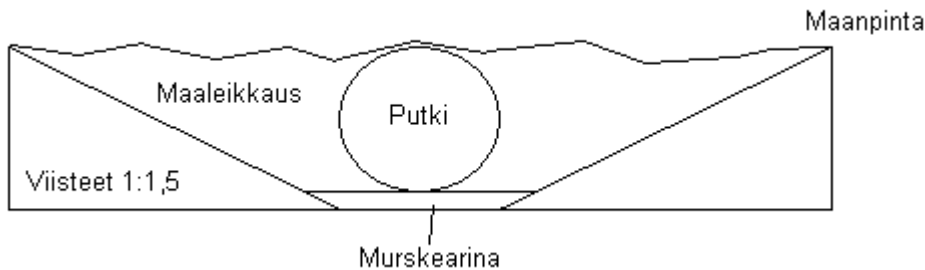
Kun halutaan lisätä virtausta kanavassa $20 \text{ m}^3/\text{s}$, mutta pitää virtausnopeus nykyisenä, täytyy kanavaa joko leventää tai syventää tai sekä että. Sopivat laajennusmitat kanavalle olisivat leveyden lisääminen 2 metriä ja syvyyden lisääminen 0,6 metriä (keskiveden korkeudesta). Seuraavassa taulukossa 32 on esitetty nykyisen ja ehdotetun kanavan mitat.

Taulukko 32. Vehkaiapaleen kanavan nykyiset ja laajennuksen jälkeiset mitat.

		Yksikkö	Nykyinen kanava	Kanava laajennuksen jälkeen
Kanavan pituus	l_{kanava}	[m]	250	250
Kanavan pohjan halkaisija	D_{pohja}	[m]	3,5	5,5
Kanavan syvyys	x	[m]	3,4	4
Kanavan poikkileikkauksen ala	A_{kanava}	[m ²]	29,24	46
Virtausnopeus kanavassa	w_{kanava}	[m/s]	1,37	1,3
Virtaus kanavassa	$q_{V\text{kanava}}$	[m ³ /s]	40	60

Kanavan laajentamiseksi olisi kaivettava maata noin 4000 m^3 , jolle muodostuisi kustannuksia 5 €/m^3 hinnalla 20000 € . Tämän lisäksi verhomurskeen asennuksesta ja suodinkankaan asennuksesta muodostuu kustannuksia. Kanavan uuden osan pohjan pinta-ala on noin 2600 m^2 , jolloin verhomurskeen kustannuksiksi tulee 31200 € ja suodinkankaan kustannuksiksi 5200 € . Yhteensä kanavan laajennustyöt maksaisivat noin 56400 € .

Putkistojen kaivamiskustannukset. Tässä kohtaa tarkastellaan putkien asentamista varten vaadittavien kaivantojen kaivamiskustannuksia. Tässä kohtaa ei tarkastella patoteiden auki kaivamista eikä putkien asentamista, sillä ko. toimenpiteiden kustannusten arviointi on hankalaa, koska kustannuksissa tulisi ottaa huomioon poikkeavista liikennejärjestelyistä aiheutuvat kustannukset.



Kuva 48. Putkistojen sijoittelu kaivantoon

Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehdossa imuputki täytyisi kaivaa noin 150 metriä leveän ja 7,5 – 10 metriä ympäristöä korkeamman harjun lävitse. Tunnelin rakentaminen ei ole järkevää, joten putken rakentaminen voidaan toteuttaa kaivamalla avokaivanto, johon asetetaan betoni- tai lujitemuoviputki. (Kivi 2009, sähköpostiviesti 4.5.2009.) Jaakko Kivi arvioi karkeasti tarvittavan maaleikkausmäärän, 1:1,5 luiskilla, suuruudeksi 50 000 m³kr:tä. Kustannuksia kyseisten maamassojen kaivamisesta ja täytöstä muodostuu noin 500 000 €.

Kaivamiskustannusten ohella kustannuksia muodostuu murskearinan rakentamisesta kaivannon pohjalle putken alle. Seuraavassa taulukossa 33 on esitetty murskearinana kustannukset putken halkaisijasta riippuen Kolhonlahti – Kolinlahti välillä.

Taulukko 33. Murskearinan kustannukset Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehdossa

Putken leveys	[m]	3	4
Putken pituus	[m]	150	150
Murskearinan paksuus	[m]	0,3	0,3
Murskearinan kustannukset	[€]	5400	7200

Käkeläntaipaleella putkea varten tulee kaivaa kaivanto, jonka kustannukset voidaan laskea eri putkikoille. Kustannukset on esitetty seuraavassa taulukossa 34.

Taulukko 34. Käkeläntaipaleen maansiirtotöiden kustannukset

Putken leveys	[m]	3	4
Kaivannon pituus	[m]	110	110
Kaivannon leveys	[m]	3	4
Kaivannon syvyys	[m]	3	4
Kaivamiskustannukset	[€]	9900	17600
Putken pituus	[m]	110	110
Murskearinan paksuus	[m]	0,3	0,3
Murskearinan kustannukset	[€]	4000	5300
Kokonaiskustannukset	[€]	14000	23000

Virtausaukkojen laajentaminen

Virtausaukkojen laajentamista vaaditaan osassa pumppaamovaihtoehtoja. Näissä tapauksissa pumpattu virtaus kohdistuu silta-aukkoon, jolloin virtausnopeudet nousevat suuriksi. Käytetään karkeata arviota virtausaukkojen laajentamisesta 200 000 €, mikäli pumpataan 20 m³/s. Hinta perustuu pengertien puhkaisuun ja virtausaukon laajentamiseen noin 20 m². Kyseinen kustannus muodostuu, jos Maavedelle pumpataan, joko Kopinsalmeen tai Le-

väsensalmeen tai Kirjamoinisalmen pumppaamon yhteydessä Voisalmeen. Arvioidaan kustannukseksi 10 m³/s virtaamalla 100 000 €.

Vesiliikenne kanavan rakentaminen Kolhonlahti - Kolinlahti välille

Tässä selvityksessä ei perehdytä tarkemmin Kolhonlahden ja Kolinlahden välisen kanavan kustannuksiin. Voidaan kuitenkin esittää arvio Kutilan kanavan rakennuskustannusten pohjalta. Kutilan kanavan yli rakennettavan sillan kustannuksiksi on arvioitu 1,6 miljoonaa euroa. Jos kanava toteutettaisiin Kolhonlahden ja Kolinlahden välillä, kanavan yli olisi myös rakennettava silta. Tämän lisäksi Kopinsalmen silta olisi uusittava. Tällöin siltojen yhteishinnaksi voidaan arvioida 3 miljoonaa euroa.

Kolhonlahden ja Kolinlahden kanavavaihtoehdossa ruopattavat maamassat olisivat karkeasti arvioiden samaa suuruusluokkaa Kutilan kanavan yhteydessä. Suur-Saimaan puolella ruoppausmäärät olisivat kohtalaisen lähellä toisiaan, mutta erityisesti Maaveden puolelle Kolinlahdella tarvittavat ruoppausmäärät olisivat suurehkoja kuten Umianlammessa Kutilan kanavan yhteydessä.

Kutilan kohdalla maakannas on kapeampi, kallioisempi ja korkeampi. Toisaalta kalliolouhoksesta saatavaa kiviainesta voidaan hyödyntää kanavan rakentamisessa. Kolhonlahden ja Kolinlahden välillä kaivamismassat ovat helposti kaivettavia, mutta tarvittava kiviaines olisi tuotava muualta.

Näiden arvioiden perusteella voidaan olettaa itse kanavan rakentaminen kutakuinkin yhtä suureksi Kolinlahden ja Kolhonlahden välillä kuin Kutilassa.

Suunnittelukustannukset

Tämän selvityksen laatimisen jälkeen tarvitaan lisäselvityksiä ja suunnitelmia, joiden toteuttamiskustannukset on otettu huomioon suunnittelukustannuksiksi. Karkeasti arvioiden suunnittelukustannukset ovat noin 50000 – 100 000 €. (Räsänen 2009 A.)

5.4.4 Riskienhallintakustannukset

Tässä luvussa tarkastellaan kustannuksia, joita aiheutuu Pien-Saimaan alueella tunnistettujen riskien torjuntakeinoista. Osa riskienhallinta keinoista, kuten sulut, on esitelty jo pumppaamon investointikustannus kohdassa.

Ruoppauksista aiheutuvien samentumishaittojen estäminen

Ruoppauksista aiheutuvat tilapäiset samentumishaitta arvioitiin merkittäväksi riskiksi ja tästä syystä niiden vaikutuksia tulee pienentää ja rajoittaa tarkalla suunnittelulla ja hyvällä toteutuksella. Laskennassa ruoppauskustannukset on oletettu jo nyt melko korkeiksi, mutta arvioidaan suunnittelun ja tarkemman toteutuksen lisäkustannukseksi 0,5 €/m³. Jolloin voidaan laskea riskien hallintakustannus niille vaihtoehdoille, joissa ruoppauksia suoritetaan. Tämä tarkoittaa Käkeläntaipaleella 4700 €, Leväsensalmessa 9000 € ja Kolhonlahdella 5500 € lisäkustannusta.

Suolahden pohjapato

Maaveden pohjoisosassa sijaitseva Suolahti on maakunnallisesti merkittävä lintukosteikko. Pumppauksen lintukosteikon kannalta negatiivisia vaikutuksia voidaan pyrkiä ehkäisemään rakentamalla lahten edustalle pohjapato, joka suojaa lahtea virtaukselta. Pohjapadon idea on, että siinä rakennetaan keinotekoinen pato vedenpinnan alapuolelle, mikä pienentää virtauspoikkipinta-alaa padon suuntaan, jolloin virtaus ohjautuu haluttuun suuntaan. (Sepänen 1973, 27.) Pato voidaan rakentaa Vuolasenniemestä itään. Padon pituus voisi olla noin 300 metriä ja keskikorkeus noin 2 metriä, jolloin se jää juuri vedenpinnan alapuolelle. Padonharjan leveydeksi valitaan 2 metriä ja se rakennetaan 1:2 viisteillä. Tällöin patoon vaadittu maamäärä on noin 3600 m³. Oletetaan padon rakennuskustannuksiksi 5 €/m³, jolloin kokonaiskustannukset olisivat 18000 €.

Heikentyneistä jäistä varoittaminen

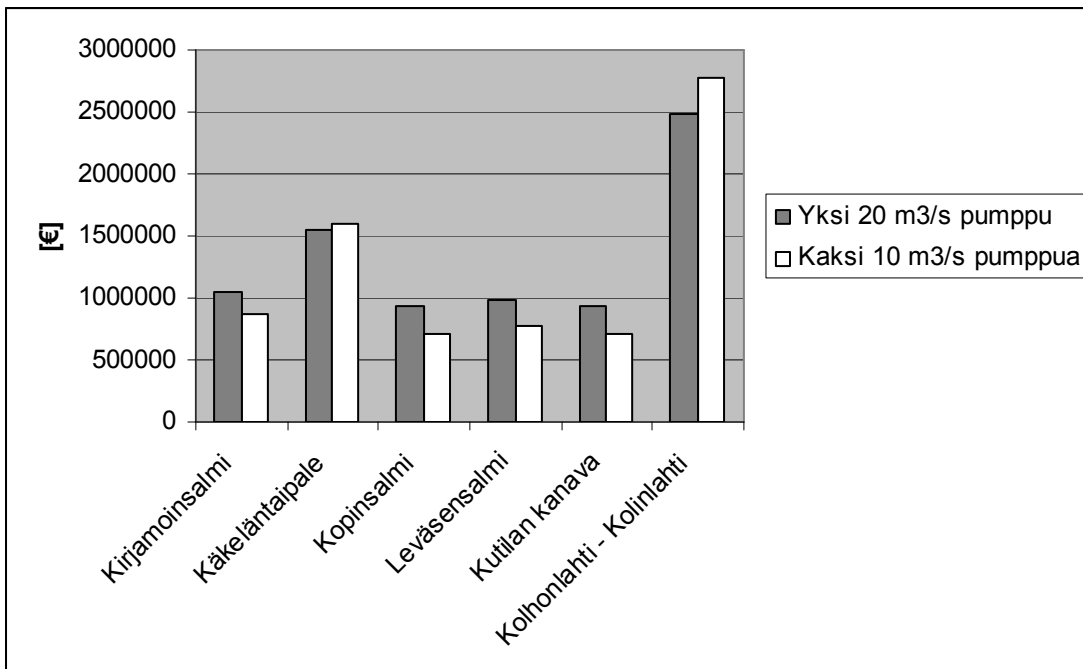
Pumppaamon virran heikentämisestä jääpeitteestä voidaan varoittaa esimerkiksi lehti-ilmoituksella. Tämän lisäksi pumppaamon lähistölle voidaan asettaa heikoista jäistä varoitavia kylteistä. Lisäksi pumppaamon tuntumaan voidaan sijoittaa pelastusrenkas. Arvioidaan heikoista jäistä varoittavien toimenpiteiden kokonaiskustannuksiksi noin 750 €.

Muinaismuistojen vedenalaisinventaarior

Vedenalaisinventaariorin kustannukset ovat riippuvaisia tutkimusalueesta. Selvitys tehdään viistokaikuluotauksella ja arviointi suoritetaan luotauksen tulosten avulla. Käytetään tässä selvityksessä vedenalaisinventaariorin karkeana hinta-arviona 3000 €. (Tulonen 2009, yksityinen sähköpostiviesti 19.8.2009)

5.4.5 Useamman pienemmän pumpun käyttö yhden suuren sijasta

Vertaillaan virtaamaltaan kahta 10 m³/s pumppaamaa yhteen 20 m³/s pumppaamoon. Yhden pumppaamon käytössä investointivaiheen kustannukset ovat matalammat putkistojen, moottorin, vaihteen, pumpun ja välppien osalta. Toisaalta kahden pienemmän pumpun käytössä vuotuiset energiakustannukset ovat yhteensä matalammat kuin yhdellä isommalla pumppaamalla, koska voidaan käyttää suhteessa suurempaa putkea. Hyötysuhteet ovat pienemmillä pumpuilla hieman heikompia kuin suurilla. Seuraavassa on esitetty kustannusten vertailua niiden kustannustekijöiden osalta, jotka poikkeavat toisistaan pumpun koon ja virtaaman mukaan.



Kuva 49. Yhden 20 m³/s pumppaamon vertailu kahteen 10 m³/s pumppaamoon niiden kustannusten osalta, jotka ovat riippuvaisia pumpujen määrästä.

Havaitaan, että kustannuserot kahden pienemmän ja yhden suuremman pumpun välillä ovat huomattavan pienet. Osassa sijoituspaikkoja kahden pumpun käyttö näyttää olevan aavistuksen kustannustehokkaampaa, kun taas toisissa vaihtoehdoissa yhden pumpun käyttö on kustannustehokkaampaa. Erot eri vaihtoehtojen välillä ovat kuitenkin niin pieniä, että ei voida suoraan vetää johtopäätöstä, olisiko järkevämpää käyttää kahta pientä vai yhtä suurta pumppua. Käytettäessä vielä pienempiä kuin $10 \text{ m}^3/\text{s}$ pumppuja, laskevat käyttökustannukset edelleen, mutta investointikustannusten osalta kustannukset kasvavat edelleen.

Mikäli rakennetaan räätälöity potkuripumppu markkinoille, voidaan suuremmasta pumpusta saada suhteessa suurempi kate kuin pienemmästä pumpusta, koska suuria pumppuja on vähemmän markkinoilla. (Larjola 2009, puhelinkeskustelu 10.6.2009.) Tästä syystä suuremman pumppukoon käyttöä olisi pohdittava.

5.4.6 Yhteenveto kustannuslaskennasta

Seuraavassa on esitetty edellä laaditun laskennan avulla saadut investointikustannukset eri virtauksenohjaustoteutusvaihtoehdoille $20 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamalla.

Taulukko 35. Investointikustannusten jakautuminen 20 m³/s virtaamalla

Investointikustannukset	Yksiköt	Kirjainoimismi	Käkeläntaipale	Kopinsalmi	Leväensalmi	Kuttilan kanava	Kolhonihti - Kolhilahti	Vehkataipaleen kasvatus	Vehkataipaleen 3 pumppua
Pumppaamo ja laitteistot									
Pumppu	[€]	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	300000
Moottori	[€]	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	10500
Vaihteisto	[€]	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	43200
Pumppaamorakennus	[€]	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
Maansiirtotyöt ja lisärakenteet									
Avokanavan kustannukset	[€]	0	0	0	0	0	266000	56000	56000
Putkiston kustannukset	[€]	122000	448000	48800	81400	48800	610000	8000	24000
Ruoppausten kustannukset	[€]	0	75000	0	141000	0	85000	0	0
Maansiirtotöiden kustannukset	[€]	200000	14000	200000	0	200000	710000	0	0
Patojen kustannukset	[€]	0	0	10000	0	746000	0	0	0
Sulkujen kustannukset	[€]	790000	0	685000	282000	2760000	685000	0	0
Välpän kustannukset	[€]	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	15000
Muut investointivaiheen kustannukset									0
Suunnittelu kustannukset	[€]	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
Riskien hallintakustannukset	[€]	750	27000	18800	31000	22000	27000	0	0
Investointikustannukset yhteensä	[€]	1400000	890000	1300000	860000	4100000	2700000	390000	650000

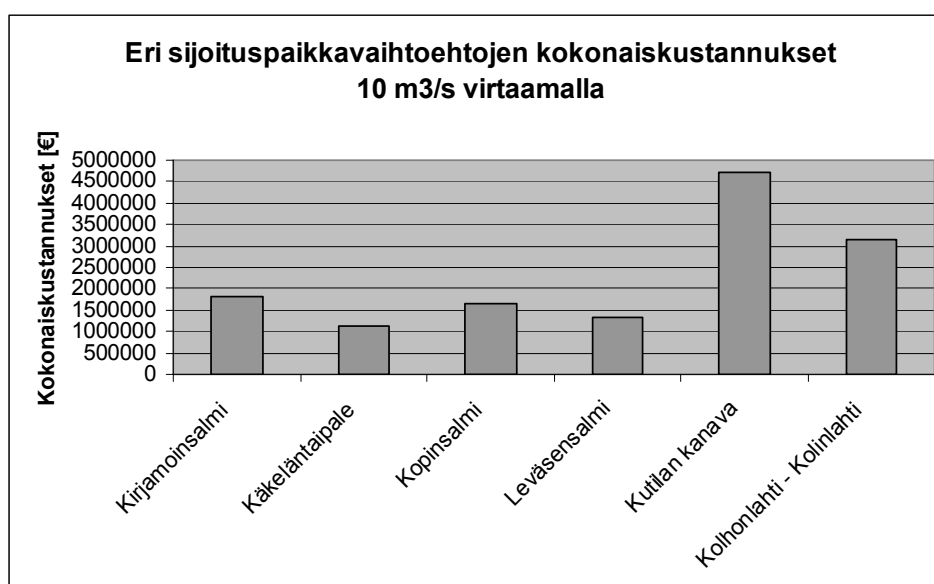
Seuraavassa taulukossa 36. on esitetty eri virtaamilla eri sijoituspaikoissa kokonaiskustannukset jaettuna investointi- ja käyttövaiheen kustannuksiin. Tässä luvussa esitetyissä taulukoissa ja kuvissa Vehkataipaleen pumppaamon virtaamana on pidetty 60 m³/s, vaikka se on esitetty 20 m³/s rivillä. Taulukon kohta ”Vehkataipaleen kasvatus” tarkoittaa, että Vehkataipaleelle rakennettaisiin yksi uusi pumppu. ”Vehkataipaleen 3 pumppua” -kohta tarkoittaa, että Vehkataipaleen nykyiset pumput poistettaisiin ja tilalle rakennettaisiin kolme uutta pumppua.

Taulukko 36. Kokonaiskustannukset

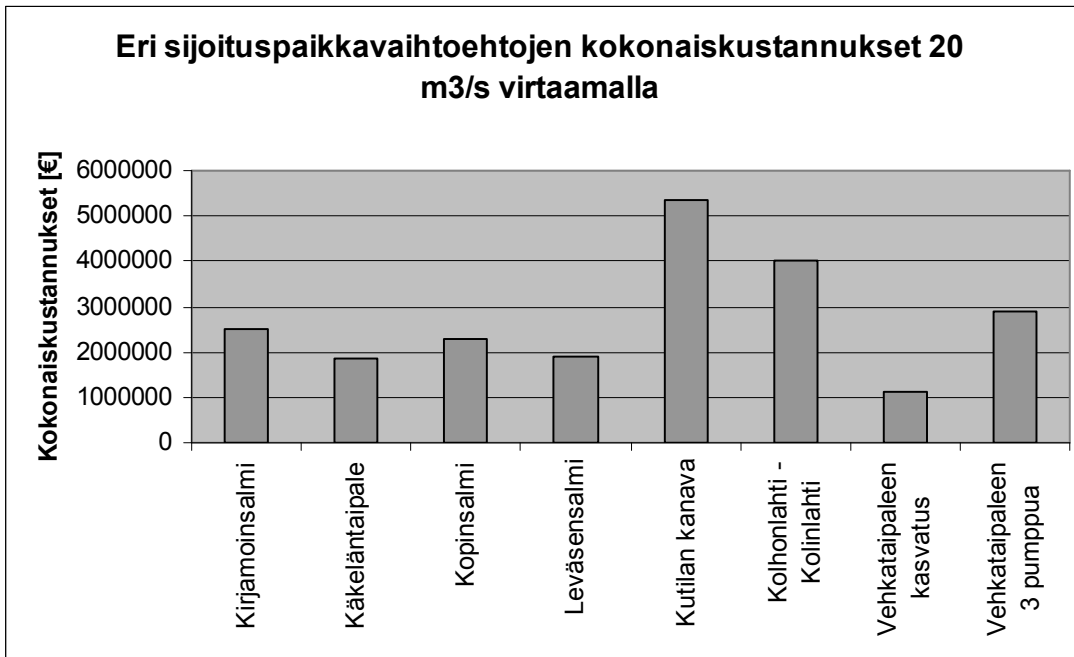
		Kirjamoinsalmi	Käkeläntaipale	Kopinsalmi	Leväsensalmi	Kuttilan kanava	Kolhonlahti - Kolimlahti	Vehkataipaaleen kasvatus	Vehkataipaaleen 3 pumppua
Virtaama 10 m³/s									
Investointivaiheen kustannukset	[milj. €]	1,3	0,9	1,2	0,8	4,0	2,6		
Käyttökustannukset nykyarvossa (20 a)	[milj. €]	0,5	0,3	0,5	0,5	0,8	0,5		
Kustannukset yhteensä	[milj. €]	1,8	1,1	1,7	1,3	4,7	3,1		
Virtaama 20 m³/s									
Investointivaiheen kustannukset	[milj. €]	1,4	0,9	1,3	0,9	4,1	2,7	0,4	0,6
Käyttökustannukset nykyarvossa (20 a)	[milj. €]	1,1	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	0,7	2,2
Kustannukset yhteensä	[milj. €]	2,5	1,8	2,3	1,9	5,4	4,0	1,1	2,9

Havaitaan, että käyttökustannusten osalta eri vaihtoehtojen välinen vaihtelu on kohtalaisen pientä. Investointikustannukset vaihtelevat sen sijaan hyvinkin voimakkaasti ja edullisimpien ja kalleimpien vaihtoehtojen ero voi olla moninkertainen.

Seuraavassa on esitetty eri pumppaamon sijoituspaikkojen kokonaiskustannuksia siten, että investointikustannuksiin on lisätty käyttökustannukset nykyarvossa.

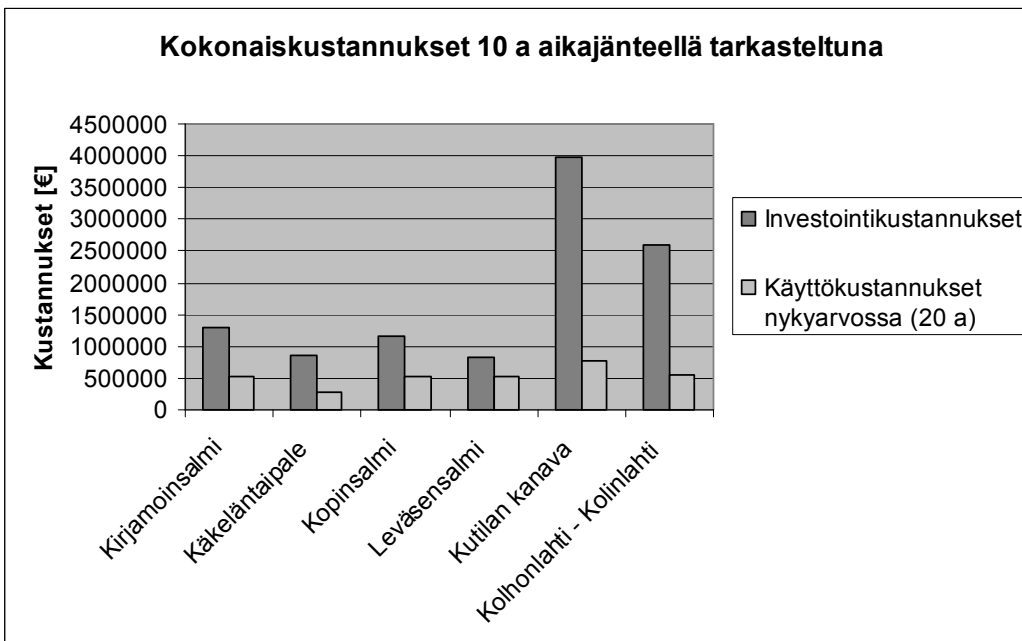


Kuva 50. Kokonaiskustannukset eri sijoituspaikoissa 10 m³/s virtaamalla ja 20 vuoden aikajänteellä tarkasteltuna.

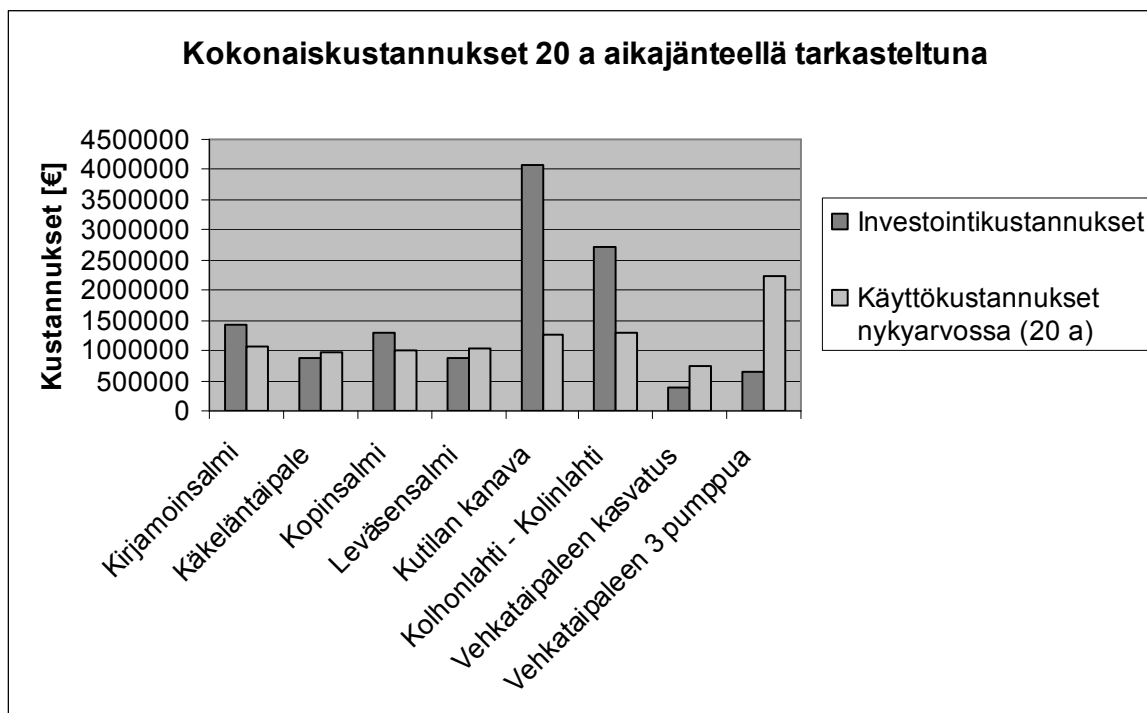


Kuva 51. Kokonaiskustannukset eri sijoituspaikoissa 20 m³/s virtaamalla ja 20 vuoden aikajänteellä tarkasteltuna.

Seuraavissa kuvissa 52 ja 53 on esitetty 10 m³/s ja 20 m³/s virtaamalla kustannusten jakautuminen investointivaiheen ja käyttövaiheen kustannuksiin.



Kuva 52. Investointi ja käyttövaiheen kustannusten vertailu 10 m³/s virtaamalla



Kuva 53. Investointi ja käyttövaiheen kustannusten vertailu 20 m³/s virtaamalla

Liitteessä XI. on esitetty Kirjamoinsalmen, Kolhonlahti – Kolinlahden, Kuttilan kanavan sekä Vehkatalpaaleen pumppaustehon nostamisvaihtoehtojen kustannusten jakautuminen eri kustannuspaikkoihin 20 m³/s virtaamalla.

5.4.7 Kustannusten herkkyytarkastelu

Tarkastellaan edellä suoritettua kustannuslaskenta ja arvioidaan, millä vaihteluvälillä eri kustannustekijät vaihtelevat, jolloin voidaan laskea kustannushaarukka kokonaiskustannusten ja eri kustannustekijöiden vaihtelulle.

Pumpun, moottorin ja vaihteiston kustannukset tiedetään melko tarkkaan taulukkoarvoina valmistajilta. Oletetaan näihin kaikkiin 20 % vaihteluväli, joka johtuu pumpun lisäosien ja ominaisuuksien pienestä variaatiosta, sekä asennus- ja toimituskustannuksista. Pumpaamorakennuksen rakentamiskustannukset on arvioitu laskennassa melko karkeasti. Kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi sijoituspaikan ominaisuudet ja pumppaamon sijoittelu, esimerkiksi tuleeko se maalle vai veteen. Lisäksi hankaluuksia aiheuttaa kytkentätöiden ja lisälaitteiden kustannusten arviointi, mitkä on tässä selvityksessä laskettu mukaan pump-

paamorakennuksen kustannuksiin. Näistä tekijöistä johtuen arvioidaan pumppaamon kustannusten vaihteluväliksi 50 %.

Avokanavan kustannukset voidaan laskea melko tarkasti tunnettujen kustannustekijöiden ja kanavan fyysisten mittojen avulla. Vaihtelua hintoihin tuo maaperän laatu, maa-aineksen loppusijoituspaikka ja kuljetusmatkat. Kustannukset saattavat vaihdella vielä voimakkaamminkin, mikäli havaittaisiin suunnitellun avokanavan paikalla esimerkiksi kallioista maaperää, mikä vaatisi louhintaa ja räjäytystöitä. Valitaan avokanavan kustannusten vaihteluväliksi 30 % edellä lasketusta. Putkistojen kustannukset ovat melko tarkkaan tiedossa, mutta niihin vaikuttavat muun muassa sijoituspaikan olosuhteet, mitkä vaikuttavat putken seinämäpaksuuden valintaan ja sitä kautta kustannuksiin. Valitaan putkistojen investointikustannusten vaihteluväliksi 20 %. Ruoppausmäärät on arvioitu melko karkeasti. Pohjan profiilin tarkempi tuntemus saattaa vähentää ruoppausten tarvetta tai vastaavasti nostaa sitä. Tämän lisäksi ruoppausmassojen läjityskustannukset vaihtelevat etäisyyden ja kuljetuksen mukaan. Kustannuksiin vaikuttaa myös tehdäänkö ruoppaukset jään päältä, rannalta vai proomulta. Tämän lisäksi lisäkustannuksia saattaa aiheuttaa muissa salmissa vaaditut lisäruoppaukset. Valitaan ruoppauskustannusten vaihteluväliksi 30 %. Maansiirtotöiden hinnanvaihtelua aiheuttavat melko pitkälti samat tekijät kuin avokanava kustannuksiinkin, joten valitaan myös maansiirtotöiden kustannuksiksi 30 %. Patojen kustannukset on arvioitu hyvin karkeasti, ja niihin vaikuttavat materiaalin saatavuus ja hinta, rakennustöiden kustannukset ja padon koko. Näillä tekijöillä on merkittävä rooli patojen kokonaiskustannuksissa, mistä syystä valitaan vaihteluväliksi 50 %. Sulkujen kustannusten vaihtelu on merkittävin epävarmuustekijä kustannuslaskennassa. Arvioidaan sulkujen vaihteluväliksi 20 % alaspäin ja 50 % ylöspäin. Suuri epävarmuusväli, johtuu epätarkoista lähtöarvoista ja karkealla tasolla toteutetusta laskennasta. Merkittävä sulkujen kustannuksiin vaikuttava tekijä on myös se riittääkö yhden sulkuportin rakentaminen vai tarvitaanko niitä kaksi. Kustannukset ovat suuremmat, mikäli vaaditaan sulkukammion rakentamista ja halvemmat, mikäli riittää yksiporttisen sulun rakentaminen. Sulkujen kustannukset riippuvat olennaisesti siitä miten niitä käytetään.

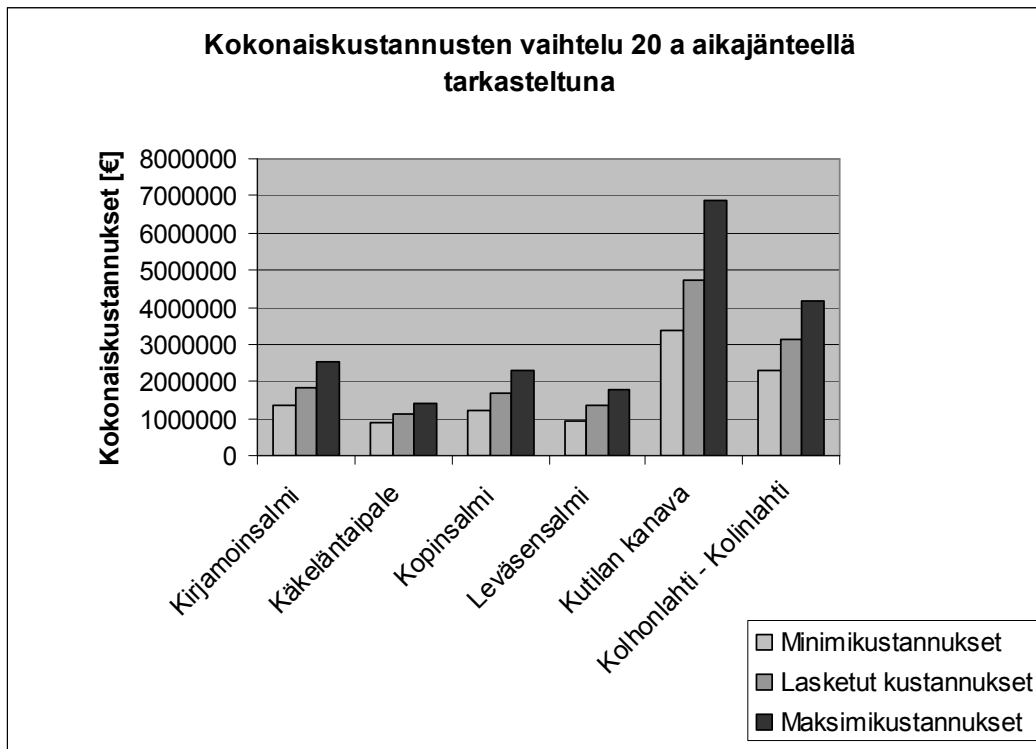
Suunnittelukustannusten osalta Ilkka Räsänen arvioi summaksi 50 000 € – 100 000 €. Edellä suoritettussa laskennassa käytettiin 100 000 €, jonka oletetaan olevan maksimimäärä. Herkkyystarkastelussa käytettiin 50 000 € pienintä kustannusta laskettaessa.

Energiakustannukset on laskettu selvityksessä optimaalisinta oletusta käyttäen eli niiden osalta ei todennäköisesti päästä enää alaspäin. Sen sijaan arvioidaan energiakustannuksiin noin 30 % lisä maksimiarvossa, mikä johtuu esimerkiksi siitä, voidaanko sijoituspaikassa käyttää diffuusoria pumpun molemmissa päissä, sekä muista vaihtelua aiheuttavista tekijöistä kuten putkimateriaalin pinnankarheuden vaihtelusta. Diffuusorin vaikutus pumpun energiakustannuksiin vaihtelee imuputken pituuden, halkaisijan ja virtausmäärän mukaan. Mikäli diffuusorin sijaan käytettäisiin suoraa putkenpäätä voi energiakustannus kasvaa noin 5–30 %. Mikäli sijoituspaikan fyysiset tiedot estävät täysimittaisen diffuusorin käytön, voidaan käyttää pienempää diffuusoria, sillä sekin tuo merkittäviä kustannussäästöjä. Vuoksen voimalaitoksille suoritettuihin korvauksiin ei arvioida vaihteluväliä, sillä korvausten hinnat vaihtelevat suoraan pumpattavan vesimäärän mukaan. Kunnossapitokustannuksille arvioidaan 50 % vaihteluväli, sillä niiden arviointi on hankalaa ja arvioinnissa apuna käytetty pumppu (Ahonen 2009.) ei aivan vastaa niitä pumppuja, joita tässä selvityksessä tarkastellaan.

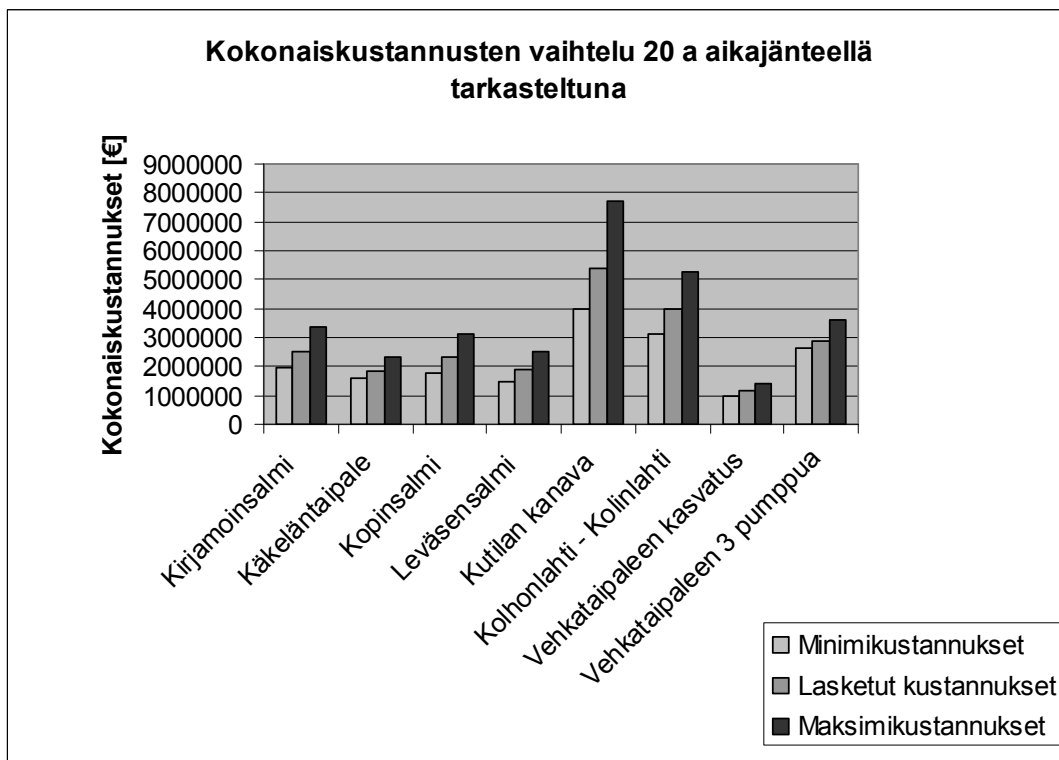
Taulukko 37. Kustannusten herkkyytarkastelussa käytetyt vaihteluvälit

	Minimivaihtelu [%]	Maksimivaihtelu [%]
Pumppaamon investointikustannukset		
Pumppu	20	20
Moottori	20	20
Vaihteisto	20	20
Pumppaamorakennus	50	50
Maansiirtotyöt ja lisärakenteet		
Avokanavan kustannukset	30	30
Putkiston kustannukset	20	20
Ruoppausten kustannukset	30	30
Maansiirtotöiden kustannukset	30	30
Patojen kustannukset	50	50
Sulkujen kustannukset	20	50
Muut investointivaiheen kustannukset		
Suunnittelu kustannukset	50	50
Vuosikustannukset		
Energiakustannukset	0	30
Korvaukset Vuoksen voimalaitoksille	0	0
Kunnossapitokustannukset	50	50

Seuraavaksi on esitetty kustannuslaskennan herkkyytarkastelun avulla laaditut kuvaajat, joissa on vertailtu 10 m³/s ja 20 m³/s virtaamilla minimi- ja maksimikustannuksia lasketuihin kustannuksiin.



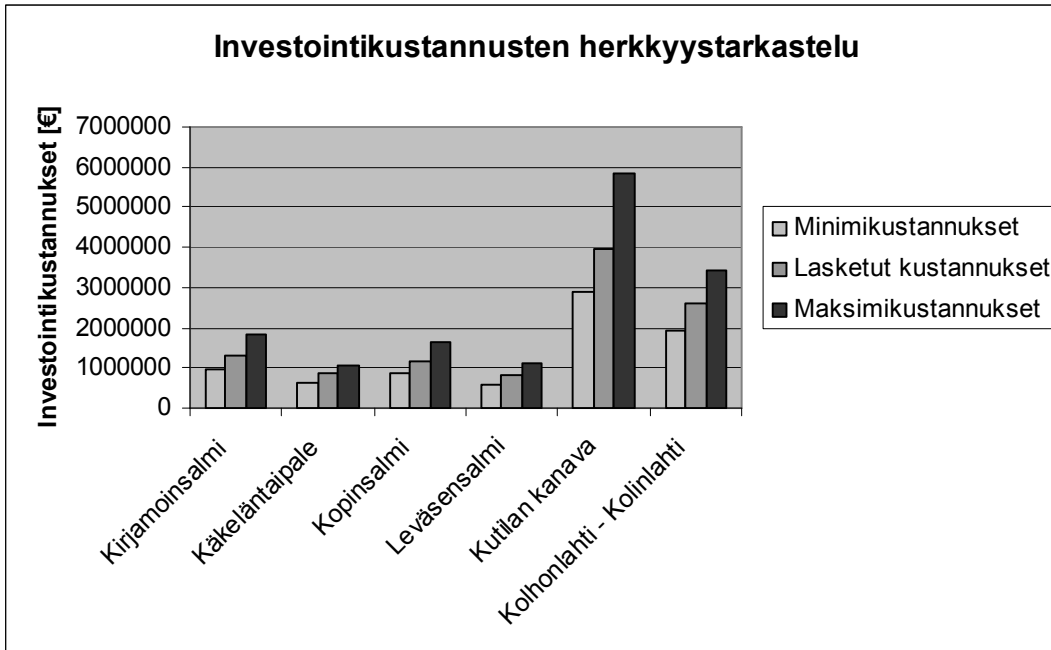
Kuva 54. Kustannusten herkkyytarkastelu 10 m³/s virtaamalla



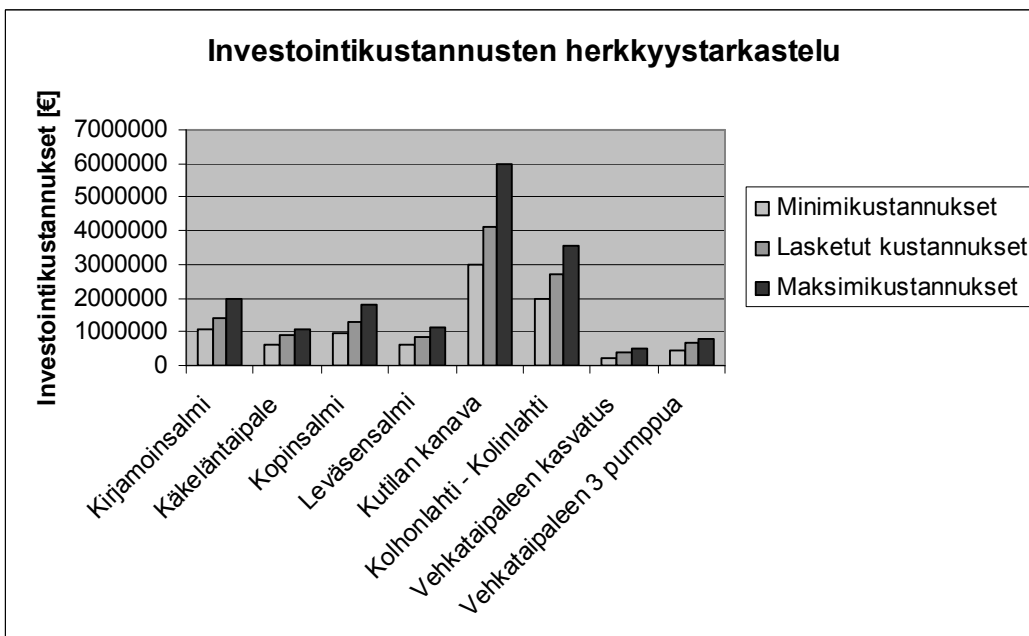
Kuva 55. Kustannusten herkkyytarkastelu 20 m³/s virtaamalla

Kuvassa 55 muut pumppaamovaihtoehdot on esitetty 20 m³/s virtaamalla, mutta Vehkatalaipaleen uusiminen on laskettu, siten, että vanhat pumput poistetaan käytössä ja niiden tilalle asetetaan kolme uutta pumppua, jolloin virtaama olisi 60 m³/s.

Kustannusten herkkyytarkastelu investointikustannusten osalta on esitetty kuvissa 56 ja 57.

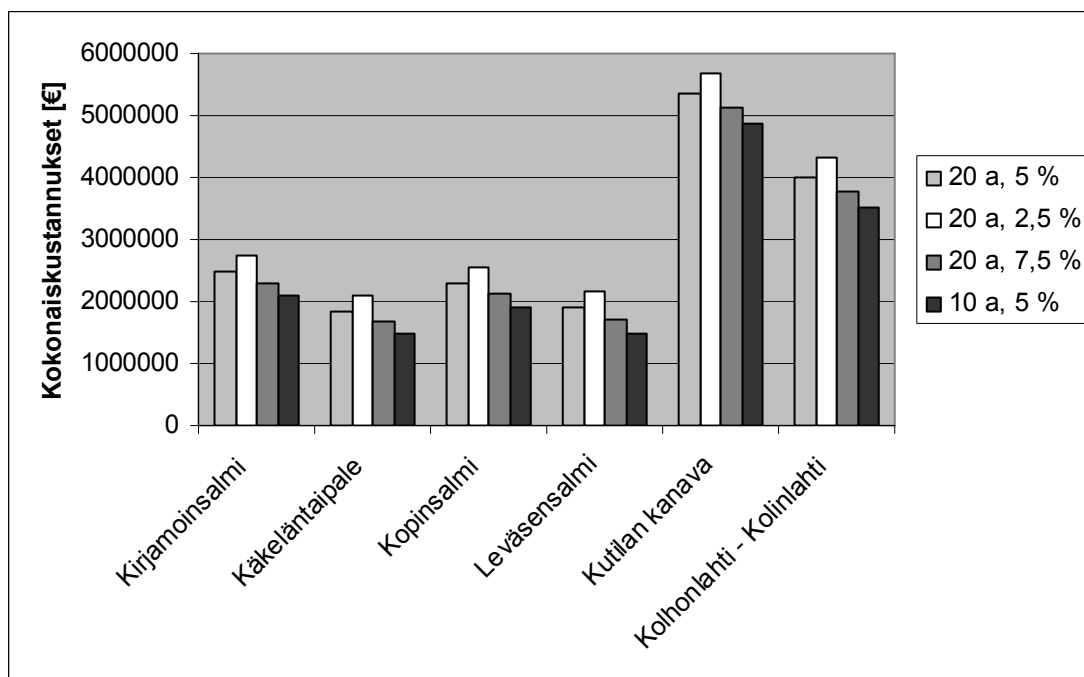


Kuva 56. Investointikustannusten herkkyytarkastelu 10 m³/s virtaamalla.



Kuva 57. Investointikustannusten herkkyytarkastelu 20 m³/s virtaamalla.

Lasketaan kustannuslaskennan tekijöiden eli käyttöajan ja korkoprosentin vaikutuksia kokonaiskustannuksiin. Varioidaan korkoprosenttia 2,5 % ja 7,5 % ja käyttöaika 10 vuotta. Vertailun vuoksi on esitetty laskennassa käytetty 20 vuotta ja 5 %.



Kuva 58. Käyttöajan ja laskentakoron vaikutus kokonaiskustannuksiin.

Kutilan kanava vaihtoehdossa, ei ole laskennassa otettu huomioon Kutilan kanavan, siltojen ja vesiliikenneväylien rakentamiskustannuksia, vaan on keskitytty ainoastaan lisärakenteisiin, joita pumppaamisen järjestäminen Kutilan kanavan yhteydessä vaatisi. Kutilan kanavan rakentamiskustannuksiksi on arvioitu 7,8 miljoonaa euroa. Jos ko. kustannukset otettaisiin huomioon, nousivat Kutilan kanava vaihtoehdon kokonaiskustannukset jopa yli kaksinkertaisiksi.

Käkeläntaipaleen pumppaamojärjestelyt on laskettu siten, että Käkeläntaipaleella käytettäisiin 110 metriä pitkää putkea, joka kulkee kannaksen läpi. Mikäli käytettäisiin vain 10 metrin mittaista imuputkea ja tehtäisiin kannakseen avokanava, säästyisi vuositasolla energia-kustannuksissa noin 16 000 €. Lisäksi säästettäisiin putken investointikustannuksissa yli 400 000 € ja putkeen kaivamiskustannuksissa hieman yli 20 000 €. Avokanavan kaivamisen kustannukset ovat vain noin 37 000 €. Mikäli avokanavan rakentaminen olisi mahdollista, laskisivat Käkeläntaipaleen kokonaiskustannukset merkittävästi.

Aiemmin laadittuna suunnitelmana Käkeläntaipaleella oli pumpata vettä $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ympäri-vuorokautisesti. Suunnitelman mukaisesti pumppaamoon suunniteltiin kaksi kappaletta 80 kW, 400 V pumppuja. Imuputken pituus olisi noin 70 m ja paineputken noin 140 m. Pumppaamon kustannuksiksi arvioitiin: 50.000 € pumppujen yhteishinta, pumppaamon rakennetekniikka ja asennuskustannukset 50.000 €, Putkistojärjestelyt noin 80.000 € ja sähköistyskustannukset yhteensä 80.000 €. Yhteensä projektin rakentamiskustannukset olisivat 260.000 €. Pumppaamon vuotuiset käyttökustannukset olisivat noin 100.000 €. (Insinööritoimisto Geosaimaa Ky 2004, 3.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä esitetty teoria ja laskenta perustuvat diplomityön valmistumisen aikana saatavilla olleeseen lähdekirjallisuuteen ja henkilökohtaisiin tiedonantoihin. Selvityksen tavoitteena oli löytää parhaimpia vaihtoehtoja virtausohjauksen toteuttamiseksi läntisellä Pien-Saimaalla. Tuloksiin päästiin käyttämällä kahta menetelmää. Arvioitiin riskejä ja vaikutuksia vedenlaatuun. Lisäksi laskettiin eri vaihtoehtojen kustannukset.

Läntisen Pien-Saimaan vedenlaadun parantamiseksi valittiin selvitykseen 13 vaihtoehtoista sijoituspaikkaa pumppaamolle. Selvitystä varten valittiin kullekin pumppaamon sijoituspaikalle pumppaussuunta, jonka perusteella ko. sijoituspaikkaa tarkasteltiin. Vaihtoehtoisia pumppaussuuntia ei tarkasteltu. Potentiaalisia sijoituspaikkoja etsittiin systemaattisesti, teorian ja asiantuntijoiden avulla, joten voidaan olettaa, että niiden suhteen selvityksen ulkopuolelle ei jäänyt vartenotettavia vaihtoehtoja.

Vaihtoehtoisia sijoituspaikkoja karsittiin arvioimalla eri sijoituspaikkavaihtoehtojen vaikutuksia eri vesialueiden vedenlaatuun. Arviointi oli subjektiivinen ja tästä syystä tuloksiin on suhtauduttava kohtalaisella epävarmuudella. Todellisia virtausreittejä ei pystytty tämän selvityksen puitteissa arvioimaan, vaan sitä varten vaadittaisiin virtausmallinnuksen tekemistä läntisestä Pien-Saimaasta. Virtausmallin avulla voitaisiin myös arvioida virtausohjauksen vaikutuksia tarkemmin esimerkiksi ravinnetasoihin eri alueilla. Tällöin myös pumppausmäärät voitaisiin optimoida tarkemmin. Tässä selvityksessä pumppausmäärät arvioitiin karkeasti yksinkertaisella massataselaskulla virtausmäärien ja ravinnepitoisuuksien avulla. Voidaan kuitenkin olettaa, että arvioinnin avulla saavutetut tulokset olivat oikean suuntaisia ja niitä voitiin käyttää hyväksi karsittaessa heikoimpia vaihtoehtoja ja arvioitaessa parhaita vaihtoehtoja. Erityisesti parhaat vaihtoehdot erottuivat arvioinnissa selkeästi.

Arvioinnin pohjalta havaittiin muutamia vesialueita, kuten Lavikanlahti ja Jokilahti, joiden vedenlaatuun ei parhaiksi arvioitujen virtausohjausvaihtoehtojen avulla voida juurikaan vaikuttaa. Mikäli myös näitä vaihtoehtoja haluttaisiin kohentaa virtausohjauksen avulla, tulisi kunnostustoimenpiteet toteuttaa pienillä sisäisillä pumppauksilla. Näitä pumppausvaihtoehtoja ei tutkittu tämän selvityksen puitteissa.

Lainsäädännön ja alueen toimijoiden kanssa yhteistyössä selvitettiin mahdollisia virtausohjauksesta aiheutuvia riskejä Pien-Saimaalla. Arviointiryhmä arvioi eri riskien vaikutuksia ja todennäköisyyttä eri sijoituspaikoissa, jolloin saatiin kullekin riskille luokitus. Luokitus määräytyi vakavimman arvioidun riskiluokituksen mukaan. Tästä syystä riskin luokitus saattoi olla merkittävä, jos vain yksi arvioija arvioi sen merkittäväksi, vaikka muut olisivat arvioineet sen kohtalaiseksi tai vähäiseksi. Riskien arviointi oli hankalaa siitä syystä, että tunnistettuja riskejä oli 17 ja sijoituspaikkavaihtoehtoja 13, jolloin arvioinnista tuli pitkäkö. Riskiarvioinnin suorittamisen yhteydessä sekaannusta aiheuttivat kaksi ensimmäistä riskiä. Ensimmäisessä riskissä arvioitiin ravinteikkaan veden kulkeutumista muihin vesistön osiin ja toisessa riskissä Pappilansalmen virtauksen heikentymisestä aiheutuvaa riskiä, jossa oli alun perin tarkoitus arvioida myös muita Kaukaalle kohdistuvia riskejä, kuten vedenlaadun heikkenemistä Kaukaan edustalla. Arvioijat arvioivat toisessa riskissä lähinnä virtauksen absoluuttista heikkenemistä, joten Kaukaan edustan vedenlaadun heikkenemisen suhteen on sovellettava ensimmäistä riskiä. Tästä syystä etenkin sisäisissä pumppauksissa, joissa Pien-Saimaalle ei tuoda lisää Suur-Saimaan parempilaatuista vettä, jouduttaisiin virtausmallinnuksen avulla arvioimaan Kaukaan edustan ja itäisen Pien-Saimaan vedenlaadun käyttäytymistä. Vastaavasti Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvia riskejä tulisi arvioida tarkemmin virtausmallien avulla. Useat tahot ovat tuoneet etenkin Maaveden pumppauksien yhteydessä esiin huolensa pohjasedimenttien pölyämisestä ja ravinteikkaan veden kulkeutumisen vaikutuksista muilla vesialueilla. Luvan saaminen virtausohjaukselle edellyttäisi niin ikään näiden asioiden tarkkaa tuntemista. (Räsänen 2009 B) Kirjamoinсалmen osalta ongelman aiheuttaa tukinuitto/proomujenuitto. Mikäli on välttämätöntä, että leveät proomut ja tukinuittoniput mahtuvat Kirjamoinсалmen sulusta, ei suunnitellun kokoinen sulku ole riittävä. Tällöin sulun kustannukset nousevat merkittävästi ja rakentaminen hankaloituu.

Riskiarvioinnin tulokset ovat johdonmukaisia muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Riskiarvioinnin pohjalta hylättiin yksi sijoituspaikkavaihtoehto ja kehitettiin riskienhallintasuunnitelma merkittävälle riskille. Tämän lisäksi mahdolliset riskienhallintatoimenpiteet otettiin huomioon kustannuslaskennassa. Kutilan kanavan vaikutukset maisemaan arvioi-

tiin merkittäväksi riskiksi. Vaihtoehdon kohdalla tulisi arvioida, voidaanko riskiä todellisuudessa pienentää vai onko riski niin suuri, että se estää ko. vaihtoehdon käytön.

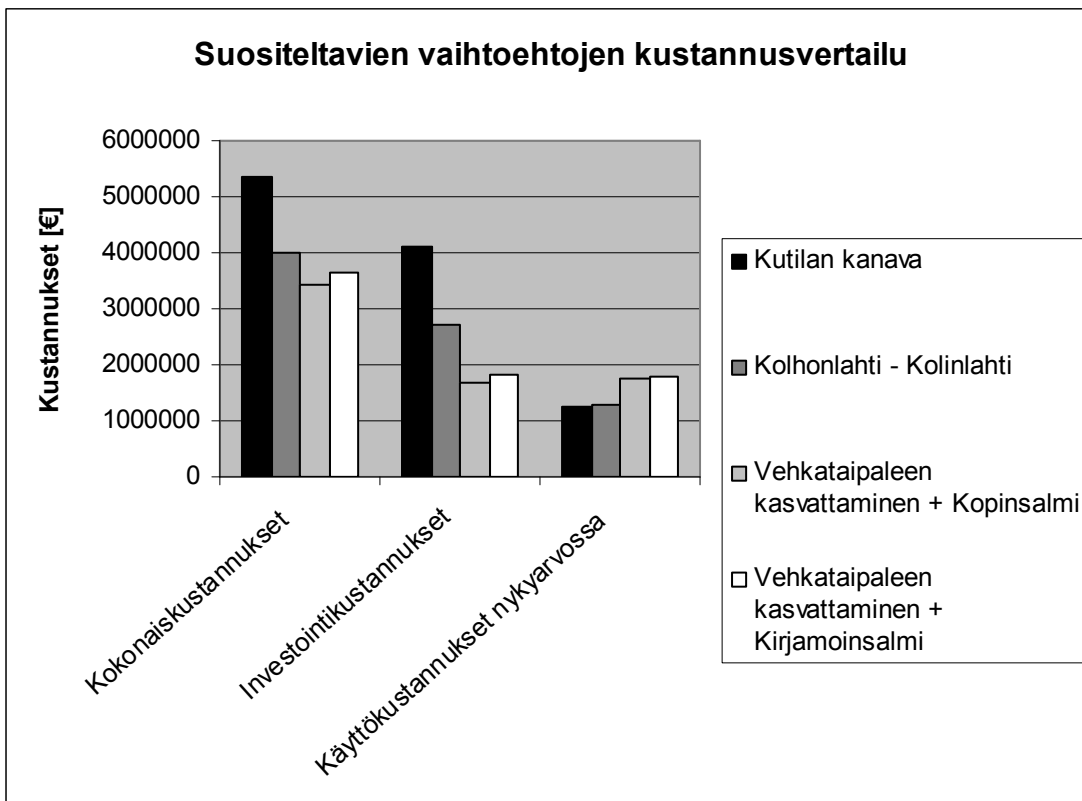
Seuraavaksi arvioitiin eri vaihtoehtojen kustannuksia. Kustannusarviointi jouduttiin toteuttamaan karkealla tasolla, sillä tarkkojen kustannustietojen saaminen oli hankalaa tai niiden tarkka laskeminen ei ollut mahdollista, koska ei tunnettu riittävän tarkasti sijoituspaikkojen ominaisuuksia. Eniten hankaluuksia aiheutti sulkurakenteiden kustannusten arviointi, joka jouduttiin toteuttamaan karkeasti olemassa olevien esimerkkien pohjalta. Hankaluuksia aiheutti myös verhosulkujen kustannusten arviointi, koska ko. sulkutyypin kustannuksista ei ollut tietoa saatavilla. Laskennan virhemarginaali on melko suuri ja tästä syystä lopulliset kustannukset voivat poiketa edellä lasketuista. Erityisesti investointikustannusten osalta vaihteluväli on suuri. Eri vaihtoehtojen kustannukset eivät vaikuttaneet suositeltavien sijoituspaikkavaihtoehtojen valintaan. Ne vaikuttavat lähinnä lopulliseen päätöksentekoon sen mukaan, kuinka paljon rahaa projektin toteuttamiseen on käytössä. Kustannuslaskennassa käytetyt menetelmät eivät ole lopullisia mitoittavia menetelmiä, vaan laskenta on suoritettu, jotta voitaisiin vertailla eri vaihtoehtojen kustannuksia toisiinsa.

Parhaat vaihtoehdot vedenlaadun arvioinnin kannalta olisivat Kolinlahti – Kolhonlahti -vaihtoehto tai pumppaamon rakentaminen Kutilan kanavan yhteyteen. Molempien vaihtoehtojen keskeisiä riskejä ovat ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin. Maaveden pienen vesitilavuuden vuoksi pumppaaminen tulisi aloittaa varovaisesti, jotta ravinnepulssi ja toisaalta Maaveden vedenlaadun muuttuminen eivät olisi liian rajuja. Toinen keskeinen riski on pumppauksen vaikutus Sunisenselän vedenottamoon. Ruoppauksista aiheutuvat tilapäiset samentumishaitat ovat riski erityisesti Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehdossa, mutta tämä olisi hallittavissa hyvin suunnitelluilla ruoppauksilla. Vaikutukset maisemaan on merkittävä riski Kutilan kanavan yhteydessä erityisesti Toijansalmeen rakennettavan padon takia.

Pienemmillä investointikustannuksilla ja suuremmilla käyttökustannuksilla olisi toteutettavissa Vehkataipaleen virran kasvattaminen ja sen ohjaaminen joko Kirjamoinsalmen tai Kopinsalmen kautta. Tämä vaihtoehto ei ollut varsinaisessa tarkastelussa mukana, mutta havaittiin, että yhdistämällä kaksi tai kolme pumppaamoa, voitaisiin päästä vastaaviin tu-

loksiin kuin kahdessa parhaassa vaihtoehdossa. Keskeiset riskit olisivat tällöin, mikäli toinen pumppaamo olisi Kopinsalmessa, ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistön osiin ja Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit. Kirjamoinsalmen pumppaamossa olennainen riski on myös vesiliikenteen hidastuminen, mikäli Kirjamoinsalmeen rakennettaisiin pumppaamo ja sulku.

Kuvassa 59 on esitetty suosittelavimpien vaihtoehtojen kustannusten suhtautumista toisiinsa.



Kuva 59. Suositeltavien sijoituspaikkavaihtoehtojen kustannukset.

Investointikustannusten alentamiseksi voitaisiin myös pohtia vaihtoehtoa, jossa pumppaus tapahtuisi esimerkiksi ainoastaan talvisin, jolloin sulkujen rakentamista ei tarvittaisi, vaan virtausaukon kaventaminen esimerkiksi levyllä riittäisi.

Pelkän Maaveden kunnostamiseksi riittäisi silta-aukkojen laajentaminen. Lisäksi virtausyhteys Kolhonlahden ja Kolinlahden välillä todennäköisesti painaisi jonkin verran Suur-Saimaan vettä Maaveteen.

Vaihtoehdoissa, joissa tuodaan uutta vettä Pien-Saimaalle, olisi otettava huomioon toiminnan tuoma hyöty Kaukaalle. Nämä vaihtoehdot tehostaisivat Kaukaan puhtaan veden saantia, nopeuttaisivat Kaukaan jätevesien laimenemis- ja kulkeutumisnopeutta ja vähentäisivät jätevesien ajautumista länteen entisestään. On myös mahdollista, että niissä vaihtoehdoissa, joissa tuodaan uutta vettä Pien-Saimaalle, voitaisiin toinen Vehkakaipaleen pumpuista sammuttaa muutamien vuosien kuluttua pumppaamisen aloittamisesta, kun vedenlaatu on parantunut. Tällöin kokonaisvirtaama pysyisi samana, mutta osa virrasta kiertäisi läntisen Pien-Saimaan kautta. Näistä syistä voitaisiin pohtia Kaukaan roolia kustannuksien rahoituksessa.

Tässä selvityksessä esitetyt tulokset on saatu käyttäen valittuja menetelmiä eri vaihtoehtojen arvioimiseen. Lopullisen ratkaisun tekemiseen sijoituspaikan suhteen vaikuttavat käytävissä olevat varat ja virtausmallinnuksen antamat tulokset. Tämän lisäksi voidaan pohtia halutaanko vaikutukset kohdistaa erityisesti jollekin tietylle vesialueen osalle vai todetaanko joku riski virtausohjauksen suositeltavissa toteutusvaihtoehdoissa liian suureksi.

Käytetylle lähestymistavalle olisi ollut vaihtoehtona suorittaa jokaisesta sijoituspaikasta erikseen virtausmalli, jonka pohjalta olisi voitu karsia vaihtoehtoja ja päätyä suositeltaviin sijoituspaikka vaihtoehtoihin. Tällaisen lähestymistavan kustannukset olisivat olleet monikymmenkertaiset ja selvityksen tekoon kulunut aika olisi paljon pidempi. Nyt voitiin ilman virtausmalleja karsia heikoimpia vaihtoehtoja ja löytää jatkotarkastelujen kannalta potentiaalisimmat vaihtoehdot. Tässä selvityksessä käytettyä lähestymistapaa ja metodologiaa olisi järkevää soveltaa myös muissa vastaavan tyyppisissä hankkeissa, jolloin tutkimuksen pääpaino voidaan kohdistaa potentiaalisimpiin vaihtoehtoihin.

Tämän diplomityön jälkeen voidaan arvioida eri kunnostusmenetelmiä toisiinsa. Mikäli päädytään virtausohjauksen käyttöön, tulee lupa-asioita varten laatia virtausmalli parhaista vaihtoehdoista.

7 YHTEENVETO

Parhaiten läntisen Pien-Saimaan tilaan voitaisiin vaikuttaa pumppaamalla alueelle Suur-Saimaan hyvälaatuista vettä. Tämä voidaan toteuttaa joko lisäämällä Vehkataipaleen virtaa, rakentamalla Kutilan kanava tai pumppaamalla vettä Kolhonlahden ja Kolinlahden välillä. Vehkataipaleen lisääntynyt virtaus voidaan suunnata halutuille alueille erityisesti Kirjamoinsalmen tai Kopinsalmen pumppaamalla. Sisäisten pumppausten toteuttamisessa, ilman Suur-Saimaalta pumpattua lisävettä, jäävät positiiviset vaikutukset vähäisemmiksi ja paikallisemmiksi. Lisäksi näihin sisältyy riski Itäisen Pien-Saimaan vedenlaadun heikkenemisestä. Suur-Saimaan veden pumppaamisen yhteydessä Pappilansalmen virtaama lisääntyy, millä on pitkällä aikavälillä positiivinen vaikutus myös itäisen Pien-Saimaan vedenlaatuun. Kutilan kanavan yhteydessä Kopinsalmeen rakennettavalla pumppaamalla investointikustannukset olisivat suurimmat. Vehkataipaleen virran kasvattamisella yhdistettynä Kopinsalmen tai Kirjamoinsalmen pumppaamoon kokonaiskäyttökustannukset olisivat korkeimmat.

Vaikutuksiltaan parhaiksi vaihtoehdoiksi arvioitiin Kolhonlahden ja Kolinlahden välinen pumppaus, sekä Kutilan kanavan yhteydessä Kopinsalmeen rakennettava pumppaamo. Näiden vaihtoehtojen suurimmiksi riskeiksi arvioitiin muiden Maaveden pumppausten tapaan ravinteikkaan veden kulkeutuminen muihin vesistönsiin ja Sunisenselän vedenotamoon kohdistuvat riskit. Lisäksi Kutilan kanavassa merkittäväksi riskiksi arvioitiin vaikutukset maisemaan. Kutilan kanava -vaihtoehdon ohella vedenlaadunvaikutusten osalta samantyyppiseen tulokseen päästäisiin myös lisäämällä Vehkataipaleen pumppaamon virtaa ja kierrättämällä osa tästä virrasta Kopinsalmen pumppaamalla Maaveden kautta. Jälkimmäinen vaihtoehto ei ollut selvityksessä mukana tällaisenaan, vaan se yhdisteltiin muista vaihtoehdoista.

Läntisen Pien-Saimaan eteläisiin osiin nopeimmin vaikuttaviksi vaihtoehdoiksi valikoituvat Kirjamoinsalmen pumppaamo ja Vehkataipaleen pumppaamon virran lisääminen. Vehkataipaleen virran lisääminen edellyttäisi Kirjamoinsalmen virtausaukkojen laajentamista tai pumppausta Kirjamoinsalmessa. Keskeisimmät riskit näissä Kirjamoinsalmen vaihtoehdoissa ovat vesiliikenteen hidastuminen Kirjamoinsalmen sulun myötä ja mahdol-

lisesti pelkässä Kirjamoinсалmen pumppauksessa ravinteikkaan veden kulkeutuminen muihin vesistön osiin.

Maaveden pumppausvaihtoehtojen, Käkeläntaipaleen, Kopinsalmen ja Leväsensalmen vaihtoehtoissa, vaikutukset arvioitiin kutakuinkin samanlaisiksi. Keskeisimmiksi riskeiksi näissä tapauksissa arvioitiin ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin, Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit ja ruoppauksista aiheutuvat tilapäiset samentumishaitat. Näiden vaihtoehtojen kustannukset ovat keskenään suunnilleen samansuuruiset. Lisäksi arvioitiin, että pitkällä aikavälillä Maaveden sisäisillä pumppauksilla olisi lievä negatiivinen vaikutus itäisen Pien-Saimaan vedenlaatuun.

Virtausohjauksen teorian, erilaisten asiantuntijoiden ja alueen toimijoiden kanssa yhteistyössä löydettiin vaihtoehtoiset virtausohjauksen toteutusmahdollisuudet Pien-Saimaalla. Erilaisia virtausohjauksen toteutusmahdollisuuksia arvioitiin kahden eri kriteerin avulla. Aluksi arvioitiin eri vaihtoehtojen vaikutuksia vedenlaatuun. Arvioinnin tukena käytettiin QFD -arviointia. Vaikutusarviointien avulla voitiin karsia vaikutuksiltaan heikoimpia vaihtoehtoja pois tarkastelusta. Tämän jälkeen eri vaihtoehtoista aiheutuvia riskejä arvioitiin. Arvioinnissa käytettiin tukena SARA -menetelmää, eri asiantuntijoita, Pien-Saimaan projektiryhmän jäseniä sekä alueen toimijoita. Riskiarvioinnin avulla pyrittiin tunnistamaan keskeisimmät riskit ja arvioimaan niiden riskinhallintamahdollisuuksia ja mahdollisia hallintatoimista aiheutuvia kustannuksia, jotka otettiin huomioon kustannuslaskennassa. Riskitarkastelun yhteydessä karsittiin yksi vaihtoehto pois jatkotarkastelusta, koska ko. vaihtoehtoon sisältyi merkittäviä riskejä, joita ei voitu torjua riskienhallintakeinoin. Jäljelle jääneille vaihtoehdoille suoritettiin vielä kustannustarkastelu. Kustannustarkastelun tulokset eivät vaikuttaneet suositeltavan virtausohjauksen toteutusvaihtoehdon valintaan, vaan valinta tehtiin vaikutusarviointien ja riskiarviointien pohjalta.

Seuraavaan taulukkoon 38 on koottu tietoja suositeltavista sijoituspaikkavaihtoehtoista.

Taulukko 38. Yhteenvedo suosittelavista virtausohjauksen toteutusvaihtoehdoista

	Kolhonlahti - Kolinlahti	Kutulan kanavan yh- teydessä Kopinsalmi	Vehkaiapaaleen virran kasvatus ja Kopinsalmi	Vehkaiapaaleen virran kasvatus ja Kirjamoinsalmi
Alueet joiden vedenlaatuun positiivinen vaikutus pitkällä aikavälillä	Maavesi, Laitsaarenselkä, Riutanselän ympäristö, Sunisenselkä ja Syväveteistenselkä	Maavesi, Laitsaarenselkä, Riutanselän ympäristö, Sunisenselkä ja Syväveteistenselkä	Läntisen Pien-Saimaan itäosat, Maavesi, Laitsaarenselkä, Riutanselän ympäristö, Sunisenselkä ja Syväveteistenselkä	Läntisen Pien-Saimaan itäosat, Riutanselän ympäristö, Sunisenselkä ja Syväveteistenselkä
Merkittävät riskit	Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin, Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit ja Ruoppauksista johtuvat tilapäiset samentumishaitat	Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin, Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit, Pumppaamon rakenteiden vaikutus maisemaan ja Ruoppauksista johtuvat tilapäiset samentumishaitat	Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin ja Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit	(Ruoppauksista johtuvat tilapäiset samentumishaitat)
Toteutettavat ruoppaukset	Ruoppauksia Kolhonlahdella ja Kolinlahdella	Ei vaadi merkittäviä ruoppauksia kanavan rakentamisen jälkeen	Ei vaadi merkittäviä ruoppauksia	Ei vaadi merkittäviä ruoppauksia
Avokanavat ja putkistot	Avokanavan ja putken yhteispituus 1000 m	Putkisto patotien läpi	Putkisto patotien läpi	Putkisto patotein läpi
Virtausaukkojen laajentaminen	Virtausaukkojen laajennus Leväsensalmessa	Virtausaukkojen laajennus Leväsensalmessa	Virtausaukkojen laajennus Leväsensalmessa	Virtausaukkojen laajennus Voisalmessa
Sulut ja padot	Sulku Kopinsalmessa	Pato ja sulku vesiliikenneväylällä Toijansalmessa ja sulku Kopinsalmessa	Sulku Kopinsalmessa	Sulku vesiliikenneväylällä Kirjamoinsalmessa
Investointikustannukset	2,7 milj. €	4,1 milj. €	1,7 milj. €	1,8 milj. €
Käyttökustannukset nykyarvossa (20 a)	1,3 milj. €	1,3 milj. €	1,8 milj. €	1,8 milj. €

Keskeinen ongelma pumppaamoselvityksen laatimisessa oli alueen tarkkojen virtaustietojen ja virtausmallien puute. Tästä syystä eri pumppaamosijoituspaikkojen vaikutuksia eri vesialueisiin jouduttiin arvioimaan subjektiivisesti. Toinen keskeinen ongelma oli vesistön tarkkojen kuormitustietojen puute erityisesti sisäisen kuormituksen osalta. Sinileväesiintymien perimmäinen syy ja minimiravinne ovat niin ikään yhä tuntemattomia. Tämän lisäksi Pien-Saimaan kunnostushankkeen yhteydessä ei ole laadittu tavoitearvoja eri ravinteiden määrille. Ilman näitä tietoja sopivan pumppausmäärän valinta oli mahdotonta. Hankaluuksia aiheutti myös lisäveden erilaisten laatuojen huomioon ottaminen selvityksessä. Suur-Saimaalta saadaan huomattavasti parempilaatuista vettä kuin sisäisissä kierroissa, jolloin myös vaikutukset ovat paremmat.

Virtausohjaus ja lisävedenjohtaminen ovat osoittautuneet käytännön esimerkeissä toimiviksi ratkaisuiksi vedenlaadun parantamishankkeissa. Menetelmää voidaan hyödyntää laajalti vesistönkunnostushankkeissa. Erityisesti virtausohjauksen käyttö on suositeltavaa silloin, kun veden luontaista vaihtuvuutta on rajoitettu. Selvityksessä osoitettiin, että virtausohjauksen käyttökustannukset ovat alhaiset. Keskeinen kustannustekijä on sopivan sijoituspaikan löytäminen, jotta investointikustannukset olisivat mahdollisimman pienet. Virtausohjauksen toteuttamiseksi olisi tarpeellista kehittää uusi pumppumalli, jolla suuria virtausmääriä voitaisiin siirtää hyvin pienellä nostokorkeudella. Virtausohjauksen toteuttamisen yhteydessä on tärkeää huomata toiminnasta aiheutuvat riskit ja niiden torjuntakeinot. Tästä syystä virtausohjauksen toteuttaminen tulisi aina suunnitella yhteistyössä alueella toimivien tahojen kanssa.

LÄHTEET

Ahonen, Tero. 2009. Diplomi-insinööri. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Pumppujen kunnossapitokustannukset. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 19.6.2009 klo 14.17.

Backman, Jari. 2009. Professori. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Vehkapaaleen pumppaamon tiedot [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Juha Pyrhönen. Lähetetty 7.4.2009 klo 10.21.

Eerikäinen, A., Sojamo, E., Jernström, K. 2009. Etelä-Karjalan lintutieteellinen yhdistys. Läntisen Pien-Saimaan vesilintujen pesimäalueet. [yksityiset sähköpostiviestit]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 19-20.4.2009.

Erkkilä, Ari, Kallio, Esa. 2007. Turvetuotantoalueen kuivatusvesien pumppaus. Pk yrittäjien turvetuotannon kehittäminen. [verkkajulkaisu] 5.12.2007 [viitattu 7.5.2009] 50 s. Saatavilla: http://www.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-a12fe48e75121a7bd2be708309bafc91/pk-turve_pumppausohje.pdf

Etelä-Karjalan kalatalouskeskus. 2001. Tarkennus läntisen Pien-Saimaan käyttö- ja hoitosuunnitelma. [verkkajulkaisu] 2001 [viitattu 6.5.2009] 13 s. Saatavilla: <http://www.ekkalatalouskeskus.fi/PDF-files/KHSTARKENNUSLPS.pdf>

Etelä-Karjalan kalatalouskeskus ry. Läntisen Pien-Saimaan kalastusalue. [verkkajulkaisu] päivitystietoja ei saatavilla [viitattu 6.5.2009] Saatavissa: <http://www.ekkalatalouskeskus.fi/piensaimaa.html>

Etelä-Karjalan liitto. 2006. Etelä-Karjalan maisema- ja kulttuuriselvitys, osa 4. Vesistöt ja pohjavedet. Lappeenranta. 6 s .ISBN 952-9560-26-5.

Etelä-Karjalan museo. Etelä-Karjalan esihistoriaa ja muinaisjäännöksiä. [verkkojulkaisu] päivitystietoja ei saatavilla [26.5.2009] Saatavissa:

http://www3.lappeenranta.fi/museot/museo/www/karjala_kivi.html

Flygt. ITT Industries. Horizontal Propeller Pumps. For high flow and ultra-low head. 8 s.

Forsius, John. 1989. Suunnitellun Kutilan kanavan aiheuttamat muutokset virtauksiin Saimaalla. Hydrologian toimisto. 11 s.

Hakala & Välimäki. 2003. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Tampere: Oy Yliopistokustannus University Press Finland Ltd. Tammer-Paino. 446 s. ISBN 951-662-875-3

Haverila, M. Kouri, I. Miettinen, A. Uusi-Rauma, E. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere. Infacs Oy. 510 s. ISBN 951-96765-5-4

Heikka, Riitta. 2006. Läntisen Pien-Saimaan veden laatu on paikoin parantunut. Vesitalous 4/2006 [verkkolehti]. 2006, [viitattu 24-25.3.2009]. Saatavissa:

<http://www.mvtt.fi/Vesitalous/arkisto/2006/042006/heikriit.pdf>

Heikkilä, Toni. 2009. Myynti insinööri. Sulzer Pumps Finland Oy. Putkuripumppujen investointikustannukset. [yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 24.8.2009 klo 11:43.

Helin, Tuomas. 2009. Tutkija koulutettava. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 21.9.2009 klo 9:57.

Helsingin kaupunki. 2003. Vesistökuormitus ja vesien suojele. [verkkojulkaisu]. 2003, [viitattu 21.8.2009]. Saatavissa:

http://www.hel2.fi/ymk/raportti03/4_0_ymparistotoimet.html

Holma, Marjut. 2009. Toimistosiihteeri. Tiehallinto. Kaakkois-Suomen tiepiiri. Siltojen tiedot. [yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 17.4.2009 klo 11:07. Liitetiedostot: ”15478Aa-1”, ”4030_A-1”, ”4030_A-2”, ”8314_r-1”, ”8368-1” ja ”12721_a-1”.

Huttula, Timo. 2003. Saimaan Maaveden vedenvaihdunta ja siihen vaikuttavat tekijät. Osa 1 `Leväsen salmen ja Kopinsalmen avartamisen merkitys Maaveden veden vaihduntaan ja vedenlaatuun. T:mi Timo Huttula Env. Consulting. Kangasala.

Huttula, Lindfors, Huttunen & Laine. 2005. Uittamonsalmen virtaukset ja veden vaihdunta sekä eri virtausaukkovaihtoehtojen vaikutus niihin. Luode Consulting Oy. 36 s.

Huttula, Timo. 2009. Johtava tutkija. Suomen ympäristökeskus. Maaveden virtaukset. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 20.4.2009 klo 15.24

Hänninen, Jukka. 2009. Pien-Saimaan suojeluyhdistys ry. Pien-Saimaan pumppaushanke. [yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 3.5.2009 klo 18:23

Insinööritoimisto Geosaimaa Ky. 2004. Taipalsaaren kunta, Ukonrannanlahden pumppausjärjestelyt, yleissuunnitelma. 3 s.

Jantunen, Matti. 2004. Maaveden vedenlaatu ja siihen liittyvät tekijät. Tila- ja kehitysrapportti (osana Maaveden kuormituksen alentamisen suunnitteluhanketta vuosina 2001-2004). Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 18 s. Lappeenranta.

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. 2000. Kutilan kanava, Taipalsaari. Yhteysviranomaisen lausunto ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta. [verkkajulkaisu]. 7.6.2000 [viitattu 27.3.2009] Saatavissa:

<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=35625&lan=fi>

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. 2006. Ympäristölupapäätös, Dnro KAS-2005-Y-461-121. [verkkoasiakirja]. 20.6.2006, [viitattu 27.3.2009] s.21 Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=52909>

Karels, Aarno. 2000. Ecotoxicity of pulp and paper mill effluents in Fish. Responses at Biochemical, Individual, Population and Community Levels. University of Jyväskylä. 132 s. ISBN 951-39-0674-4

Karels, A. Tiitinen, V. 2007. Etelä-Saimaan ja Vuoksen kalataloudellinen tarkkailu vuonna 2007. [verkkojulkaisu] 2007 [viitattu 6.5.2009]. Etelä-Karjalan kalatalouskeskus ry. Lappeenranta. 42 s Saatavilla: <http://www.ekkalatalouskeskus.fi/PDF-files/EtelaSaimaantarkkailu2007.pdf>

Karels, Aarno. 2009. Toiminnanjohtaja. Etelä-Karjalan kalatalouskeskus ry. Suullinen tiedonanto 4.5.2009.

Kauppi, Marja. 2009. Poikkeuksellinen tilanne Pien-Saimaalla – sinilevä edelleen voimissaan jään alla. [verkkojulkaisu] 22.1.2009 [viitattu 14.3.2009] Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Saatavilla:
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=310778&lan=fi>

Kivi, Jaakko. 2009. Väyläjohtaja. Lemminkäinen Oyj. Tunnelin kaivuun karkea kustannusarvio. [yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 4.5.2009 klo 17.46.

Knuutila, Heikki. 2007. Venesataman laajentaminen Akaan Toijalan satamassa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [verkkojulkaisu] 2007 [viitattu 6.6.2009] 36 s. Saatavissa:
<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36117/Knuutila.Heikki.pdf?sequence=1>

Koikkalainen, Ensio. 2009. Lappeenrannan kaupungin tekninen johtaja. 2009. Suullinen tiedonanto 11.6.2009.

Kortelainen, Samuli. 2009. Assistentti, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillistaloudellinen tiedekunta. Suullinen tiedonanto 9.4.2009.

Kurki, Jari. 2009. Suomen myynti. Plastilon Oy. Putket. [yksityinen sähköpostiviesti].

Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 15.5.2009 klo 11.55. [viitattu 15.5.2009]

Laaninen, Urpo. 2006. Kutilan kanavan rakentaminen vaatii vielä pitkät neuvottelut. [verkkojulkaisu].25.9.2006 [viitattu 20.7.2009] Etelä-Saimaa. Artikkelitietokanta. Saatavissa: <http://www2.lappeenranta.fi/lehtitietokanta/artikkeli.php?id=6229>

Laine, Pertti. 2001. Kohti vesiensuojelun aikaa, Veden laadun muutokset eteläisellä Saimaalla. Väitöskirja. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 264 s. ISBN 951-764-587-2

Laine, Pertti. 2009. Tekniikan tohtori. Suullinen tiedonanto 31.3.2009

Laine, P., Huttula, T., Ylinen, U. 1994. Vehkapaaleen pumppaamon pumppaustehon alentamiskoe. Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry & Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. 4 s.

Lappeenrannan kaupunki. 2008. Pientalorakentajan opas [verkkojulkaisu].25.8.2009 [viitattu 15.4.2009] Tekninen toimi / Etelä-Karjalan pelastuslaitos / Asuntotoimi / Lappeenrannan Energia. 62 s. Saatavissa: <http://www.lappeenranta.fi/?depid=11694>

Larjola, Jaakko. 2009. Professori. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Puhelinkeskustelu 10.6.2009.

Leskinen, Ilpo. 2008. A. Pumpulla vauhtia läntisen Pien-Saimaan seisovaan veteen. [verkkojulkaisu].7.12.2009 [viitattu 1.4.2009] Etelä-Saimaa. Artikkelitietokanta. Saatavilla: <http://www.esaimaa.fi/Pien-Saimaa/2008/12/07/Pumpulla+vauhtia+l%E4ntisen+Pien-Saimaan+seisovaan+veteen/200916601852/374>

Leskinen, Ilpo. 2008. B. Lisävirtaukselle on todellinen tarve. [verkkojulkaisu].7.12.2009 [viitattu 1.4.2009] Etelä-Saimaa. Artikkelitietokanta. Saatavilla:

<http://www.esaimaa.fi/Pien-Saimaa/2008/12/07/Lis%E4virtaukselle+on+todellinen+tarve/200916601904/374>

Luonnonsuojelulaki 1096/1996. Annettu 20.12.1996.

Luukkanen, Petteri. 2001. Pumpunvalitsimet integroidussa simulointiympäristössä. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 114 s.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Annettu 5.2.1999.

Maanmittauslaitos. Kartta paikka. [verkkojulkaisu].päivitystietoja ei saatavilla [viitattu 9.3.-6..8.2009] Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/09
Saatavissa: <http://kansalaisen.karttapaikka.fi/kartanhaku/osoitehaku.html?lang=FI>

Maol-taulukot. 1998. Matematiikka, fysiikka, kemia. 1.-9. uudistettu painos. Helsingin Kustannusosakeyhtiö Otava. Maol ry. Otavan Kirjapaino Keuruu. 157 s.

Maunus-Tiihonen, Minna. 2009. Process Development Engineer. UPM-Kymmene, Kaukas. Vehkataipaleen pumppaamon tiedot [yksityinen sähköpostiviesti].Vastaanottaja: Ville Uusitalo, Juha Pyrhönen. Lähetetty 3.4.2009 klo 15.47.

Merenkululaitos. 2009. Tykkänen & al. Itä-Suomen väyläyksikkö. Suullinen tiedonanto 20.8.2009.

Metcalf & Eddy Inc. 2003. Wastewater Engineering, Treatment and Reuse.4th edition revised by Tchobanoglous, G., Burton, F.L. & Stensel, H.D.Boston: McGraw-Hill. 1819 s. ISBN 0-07-041878-0

Mikkola, Aki. 2009. Professori. LUT Metall. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Suullinen tiedonanto 27.8.2009.

Moisio, Harri. 2009. Managing director. Kumera Machinery Oy. Puhelinkeskustelu 13.8.2009.

Muinaismuistolaki 295/1963. Annettu 17.6.1963.

Murtonen M. 2000. Riskien arviointi työpaikalla. Työkirja. [verkkójulkaisu].2000 [viitattu 15-20.5.2009] Sosiaali- ja terveysministeriö. Tampere. 13 s. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/upload/kzao5e2q.pdf>

Museovirasto. 2007. Muinaisjäännösten suojelu. [verkkójulkaisu].12.9.2007 [viitattu 25.5.2009] Saatavissa: <http://www.nba.fi/fi/mjsuojelu>

Niinimäki, Kirsi. 2009. Toimitusjohtaja. Lappeenrannan Vesi Oy. Suullinen tiedonanto 21.4.2009

Niittyniemi, Visa. 2009. Vesistöpäällikkö. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Virtausohjauksesta aiheutuvat riskit Pien-Saimaalla. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 18.5.2009 klo 9.42.

Niskanen, A. Leino, N. Liukkonen, M. Mehto, M. 2005. Pien-Saimaan vedenlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Pien-Saimaan suojeluyhdistys ry. 22 s. EN B-161

Olkkonen, Anssi. 2009. Lupatarkastaja. Lappeenrannan kaupungin rakennusvalvonta. Rakennuslupaan liittyvät seikat. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 15.4.2009 klo 9.10

Ollila, Markku. 2009. Suomalais-venäläinen rajavesikomissio. Korvausvelvollisuus venäläisille, mikäli Saimaan vettä johdetaan ohi Vuoksen voimalaitosten. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 15.4.2009 klo 17.12

Ollila, Pekka. 2009. ABB Oy. Puhelinkeskustelu 1.7.2009.

Oulun kaupunki. 2004. Pyykösjärven ja Kuivasjärven kunnostuksen yleissuunnitelma. [verkkojulkaisu].1.12.2004 [viitattu 7.4.2009] 52 s. Insinööritoimisto Paavo Ritola Oy. Saatavissa:

http://www.ouka.fi/tekninen/Luontoymparisto/Pyykosjarven_yleissuunnitelma.pdf

Peltola, Raimo. 2009. Advisor, Portfolio Analysis and Developement. Fortum. Saimaan veden siirtäminen. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 8.4.2009 klo 11.05.

Pennanen, Leena. 2009. Rakennustoimisto. Taipalsaaren kunta. Taipalsaaren kunnan tonttien omistusoikeudet. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 21.4.2009 klo 13.53. Liitetiedosto: ”20090421131828870”.

Piironen, Seppo. 2009. Insinööri. Merenkululaitos. Järvi-Suomen väyläyksikkö. Saimaan kanavan keskivirtaamat. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 7.4.2009 klo 10.27

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto. 2008. Veden johtaminen Oulujoesta Pyykösjärveen, Oulu. [verkkojulkaisu].6.11.2008 [viitattu 31.3-3.4.2009] 17 s. Saatavissa: <http://www.environment.fi/download.asp?contentid=94035&lan=fi>

Pyrhönen, Juha. 2008. Pien-Saimaa kuntoon insinöörikonstein. Etelä-Saimaa. 28.11.2008.

Rinta, Susanna. EU:n vesipuidedirektiivin soveltaminen Suomen oloissa: Tapaustarkastelu na Pyhäjärvi. [verkkojulkaisu].08/2005 [viitattu 8.4.2009] Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos. 66 s. Saatavissa: <http://www.mm.helsinki.fi/mmtal/abs/Selv35.pdf>

Rissanen, Anna-Liisa. 2006. Onkiveden kunnostus yleissuunnitelma. [verkkojulkaisu].31.1.2006 [viitattu 24.4.2009] Iisalmen reitin kunnostushanke 2004-2007. 49 s. Saatavissa:

http://www.lapinlahti.fi/vesistotkuntoon/vanha/vesistokunnostus/1_yleissuunnitelma_onki_vesi.pdf

Räsänen, Ilkka. 2009 A. Ympäristöjohtaja, ympäristönsuojelupäällikkö. Lappeenrannan seudun ympäristötoimi. Suullinen tiedonanto 22.5.2009.

Räsänen, Ilkka. 2009 B. Ympäristöjohtaja, ympäristönsuojelupäällikkö. Lappeenrannan seudun ympäristötoimi. Suullinen tiedonanto 5.8.2009.

Räsänen, Minna. 2009. Karelia Lines Oy. m/s Camillan mitat [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 21.8.2009 klo 15.07.

Ritz-Atro. 2006. Propeller pumps. [verkkoesite] päivitystietoja ei saatavilla [viitattu 13.4.2009] 8 s. Saatavissa: http://www.ritz-atro.de/2006/downloads/Propeller_GB.pdf

Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 2009. A. Etelä-Saimaa [verkkajulkaisu].päivitystietoja ei saatavilla [viitattu 22.4.2009] Saatavissa: <http://svsy.fi/ry/index.php?show=etelasaimaa>

Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 2009. B. Sunisenselän sinilevien määrä on romahtanut (9.4.). [verkkajulkaisu].9.4.2009 [viitattu 15.4.2009] Saatavissa: <http://svsy.fi/ry/index.php?show=levaseurantakohde&luokka=6>

Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. 2009. C. Alkukesän levähavainnot (7.7.). [verkkajulkaisu].7.7.2009 [viitattu 9.7.2009] Saatavissa: <http://svsy.fi/ry/index.php?show=levaseurantakohde&luokka=6>

Sallinen, Leena. 2004. Maavesi kuntoon -esite kannustaa ranta-asukkaita vesiensuojeluun. Lappeenranta. Lehtitietokanta. 2 s.

Saukkonen, Pena. 2007. Etelä-Saimaan veden laadun tarkkailun yhteenveto vuosilta 1975-2006. Lappeenranta. Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. No 549/07/ P Saukkonen. 28 s.

Saukkonen, Pena. 2009. A. Toiminnanjohtaja. Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry. Suullinen tiedonanto 21.4.2009.

Saukkonen, Pena. 2009. B. Läntisen Pien-Saimaan sinileväilmiö 2008-2009. Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy. [verkkojulkaisu]. 18.6.2009, [viitattu 4.8.2009] Saatavissa: <http://svsy.fi/ry/index.php?show=vedenlaatukohde&luokka=6>

Seppänen. 1973. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet ja toteutusmahdollisuudet. Helsinki: Vesihallitus. 174 s.

Sinilevä-online. Sinilevästä. [verkkojulkaisu]. Päivitystietoja ei saatavilla, [viitattu 7.3.2009] Saatavissa: <http://sinileva.natureit.net/index.php/sinilevasta>

Soinio, Helena. 2009. Rakentaminen tositoimiin Väänteenjoella. Vihdin uutiset [verkkojulkaisu] 11.1.2009, [viitattu 2.7.2009.2007] Saatavissa: <http://www.vihdinuutiset.fi/Uutiset/Arkisto/2009/01/11/Rakentaminen-tositoin-Vaanteenjoella>

Simpura, Esa. 2009. A. Ympäristöpäällikkö. UPM Kymmene-Oyj. Kaukas. Suullinen tiedonanto 2.4.2009.

Simpura, Esa. 2009. B. Ympäristöpäällikkö. UPM Kymmene-Oyj. Kaukas. Pumppauksen aiheuttamat riskit UMP:n Kaukaan tuotantolaitoksille. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 6.5.2009 klo 10.44.

Sinervä, Reima. 2009. Tarkastaja. Kakkois-Suomen ympäristökeskus. Vesilain mukaisen luvan hakeminen laitureille vesialueen ruoppauksille ja täytöille. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 25.3.2009 klo 9.06.

Taipalsaaren kunta. 2009. Vesihuoltolaitos. [verkkojulkaisu].päivitystietoja ei saatavilla [viitattu 28.4.2009] Saatavissa: <http://www.taipalsaari.fi/>

Tanska, Tuula. 2009. Ylitarkastaja. Luonto- ja ympäristöntila. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 22.6.2009 klo 11.22

Tiainen Kaarina. Pien-Saimaan luonto-opas. Osa eteläistä Saimaata Taipalsaaren, Lemminkäisen, Savitaipaleen ja Lappeenrannan alueella. 15 s.

Tiehallinto. 2005. Maantien 438 Telakanavan sillan uusiminen, Sulkava, Toimenpideselvitys [verkkajulkaisu].2005 [viitattu 24.4.2009] 16 s. Saatavissa: <http://www.nba.fi/tiedostot/72fd63ee.pdf>

Tulonen, Essi. 2009. Tutkija. Museovirasto. Meriarkeologian yksikkö. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 4.6.2009 klo 14.03.

Tulonen, Essi. 2009. Tutkija. Museovirasto. Meriarkeologian yksikkö. [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Ville Uusitalo. Lähetetty 19.8.2009 klo 12.29.

Ulvi, Teemu, Lakso, Esko. 2005. Järvien kunnostus. Edita, Suomen Ympäristökeskus. Helsinki 22.7.2004. 334 s. ISBN 951-37-4337-3

UPM, Kaukas. Ympäristönsuojelun kehitys 2007. 2007. [verkkajulkaisu]. Päivitystietoja ei saatavilla, [viitattu 21.8.2009]. Saatavissa: [http://w3.upm-kymmenne.com/upm/internet/cms/upmma.nsf/lupgraphics/envstat_kau_supp_fi.pdf/\\$file/envstat_kau_supp_fi.pdf](http://w3.upm-kymmenne.com/upm/internet/cms/upmma.nsf/lupgraphics/envstat_kau_supp_fi.pdf/$file/envstat_kau_supp_fi.pdf)

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2007. A. EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi [verkkajulkaisu]. 10.1.2007, [viitattu 7.4.2009]. Saatavissa: <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=54528&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2007. B. Syanobakteerit eli sinilevät, Cyanobacteria-Cyanophyta. [verkkojulkaisu]. 29.10.2007, [viitattu 7.3.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=135864&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2008. Naturen toteuttaminen ja sen oikeusvaikutukset [verkkojulkaisu]. 4.4.2008, [viitattu 7.4.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1753&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2008. Rakennusluvan hakeminen [verkkojulkaisu]. 5.2.2008, [viitattu 7.4.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1571&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2008. Kuolimo. Savitaipaleen Natura 2000 alueet. [verkkojulkaisu]. 31.7.2008 [viitattu 3.4.2009] Saatavissa:
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=24833&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2009. A. Luonnonsuojelu [verkkojulkaisu]. 2.4.2009, [viitattu 14.4.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=89&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2009. B. Natura 2000 -verkosto [verkkojulkaisu]. 2.4.2009, [viitattu 7.4.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=79440>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2009. C. Saimaan vedenkorkeuden vaihtelut [verkkojulkaisu]. 21.1.2009, [viitattu 19.4.2009]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=200041>

Veneily CD. 2006. Lappeenranta Savonlinna. [CD-rom] 2006 [viitattu 20.4.2009]

Vesilaki 264/1961. Vesilaki. Annettu 19.5.1961.

Von Herten. Arnold. 1938. Vattenproblemet vid Kaukas fabriken i Lauritsala. Svenska Tekniska Vetenskapsakademien i Finland. Åbo. 33 s.

Wessberg, N. Tiihonen, J. Malmén, Y. 2000. Satunnaispäästöriskien arviointi. Tammer-Paino Oy. ISBN 952-14-0228-8. 152 s. Kauppakaari Oyj ja tekijät.

White. 2003. Fluid mechanics. 5. painos. New York: McGraw-Hill. 866 s. ISBN 0-07-119911-X

Wirzenius Allan. 1977. Keskipakopumput. 2. painos. Tampere: Tampereen Kirjapaino Oy Tamprint.323 s.

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Annettu 4.2.2000.

LIITELUETTELO

Liite I	Vesilain mukaisen luvan hakemuksessa huomioon otettavia seikkoja
Liite II	Päätöksentekotyöryhmän käyttämä QFD-matriisi
Liite III	Jatkotarkasteluista poistettujen vaihtoehtojen esittely
Liite IV	Asiantuntijatyöryhmän käyttämä riskiarviointilomake
Liite V	Pumpun mitoituksessa käytettävien tunnuslukujen laskenta
Liite VI	Esimerkki pumppaamon mitoituksesta Kirjamoinsalmessa
Liite VII	Pumpun mitoitus $10 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamalla eri sijoituspaikoissa
Liite VIII	Esimerkki avokanavan mitoituksesta Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehdossa.
Liite IX	Ruoppausmenetelmien vertailu eri sijoituspaikoissa erikokoisilla putkilla.
Liite X	Ruoppausmäärien, investointikustannusten ja energiasäästöjen vertailu.
Liite XI	Kustannusten jakautuminen eri kustannustekijöihin eri merkkitapauksissa
Liite XII	Vedenlaadun arviointivaiheessa poistettujen vaihtoehtojen riskiluokitukset

Vesilain mukaisen luvan hakemuksessa huomioon otettavia seikkoja

1. Hakemuksessa ilmoitetaan, mille toiminnalle lupaa haetaan, eli tässä tapauksessa pumpaamon rakentamiselle, ruoppaukselle ja mahdollisesti kanavalle. Selostetaan rakentamisen tarkoitus eli läntisen Pien-Saimaan vedenlaadun parantaminen veden luontaista kiertoa lisäämällä tai luomalla keinotekoinen kierto. Kerrotaan mihin vesistöön rakennetaan ja minkä kunnan alueelle rakennus sijoittuu. Tämän lisäksi hankkeen sijainti esitetään liitteissä yleiskartoilla (mittakaavoissa 1:200 000 ja 1: 20 000) selkeästi merkittynä. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)
2. Merkitään luvan hakijan nimi ja yhteystiedot ja jos hakijana on yhtiö tai yhdistys ilmoitetaan yhteystietojen lisäksi mahdollinen y-tunnus ja yhteyshenkilön nimi yhteystietoineen. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)
3. Ilmoitetaan rakennuspaikan ja naapurikiinteistöjen kiinteistö- ja omistustiedot. Hakemuksessa on kerrottava tiedot kiinteistöstä, jonka alueelle rakennetaan ja tämän lisäksi on ilmoitettava vastaavat tiedot kaikista rantakiinteistöistä noin 200 metrin säteellä. Hakemukseen on liitettävä rekisterikartta josta käy ilmi edellä mainitut tiedot. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)
4. Hankealue voi sijaita, joko yhteisellä tai yksityisellä vesialueella. Mikäli vesialue on yhteinen, tulee hakemuksessa ilmetä rekisteritunnus vesialueesta, osakunnan nimi ja osakunnan puheenjohtajan nimi yhteystietoineen. Jos kyseessä on yksityinen vesialue, tulee hakemuksessa ilmetä vesialueen rekisteritunnus ja omistajan nimi yhteystietoineen. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)
5. Hakijalla tulee olla omistus- tai hallintaoikeus siihen rantaan, jonka edustalle vesistöön rakennetaan ja hakijalla tulee olla oikeus vesialueeseen. Mikäli vesialue on yhteinen, ilmoitetaan hakemuksessa vesialueen pinta-ala ja hakijan osuus vesialueesta. Jos hankkeen toteutumisen kannalta on tärkeää ottaa käyttöön toiselle kuuluvaa vesialuetta, tällainen oikeus voidaan hakemuksesta myöntää luvan yhteydessä. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)

LIITE I 2(2)

6. Hakemukseen tulee liittää kuvaus rakentamisesta ja käytöstä. Rakentaminen tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle. Hakemukseen tulee liittää asemapiirustus ja pituus- ja poikkileikkauspiirustukset, sekä tiedot mittakaavasta, sijainnista (suhteessa muihin kohteisiin) mitat, rakenne ja muut tiedot, tiedot vesistöstä rakennuspaikalta kuten syvyys, päiväys ja piirustusten laatija. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)

7. Kerrotaan tiedot vesistöstä ja ranta-alueesta. Vesistön nimi, pinta-ala, veden korkeuden vaihtelut, virtaama ja vedenlaatutiedot tarpeellisin osin, mahdolliset kalojen kutu- ja vesilintujen pesimäalueet rakennuspaikan lähistöllä, mahdolliset säännöstelyä ja liikenneväyliä koskevat luvat. Hakemuksessa on tuotava esille tiedot lähistön ranta-alueesta ja ympäristöstä (valokuvia liitteeksi), hankkeen vaikutus kaavoitukseen (kaavakartta liitteeksi), mahdolliset Natura- ja suojelualueet sekä vesistön erityiskäyttöalueet hankkeen vaikutusalueella (uimarannat, vedenottamot). (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)

8. Arvioidaan hankkeen vaikutuksia veden laatuun, virtausoloihin, maisemaan, kalakantoihin ja kalastukseen, naapurikiinteistöjen ja yleiseen virkistyskäyttöön sekä muuhun vesistönkäyttöön. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)

9. Laaditaan arvio hankkeesta saatavista hyödyistä ja siitä aiheutuvista vahingoista. Selostetaan, mitä hyötyä hankkeesta on hakijalle ja esitetään mahdolliset haitat muille kiinteistöille ja lähialueille ja esitetään ehdotus siitä, miten ne korvataan vahingonkärsijälle. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)

10. Luvan hakija allekirjoittaa hakemuksen ja liittää siihen päivämäärän. Hakija ei saa aloittaa töitä ennen luvan lainvoimaiseksi tuloa, mutta kiireellisissä tapauksissa voidaan hakea lupaa aloittaa työt ennen lainvoimaiseksi tuloa. Tähän täytyy kuitenkin olla hyvät perustelut. (Sinervä 2009 sähköpostitiedonanto)

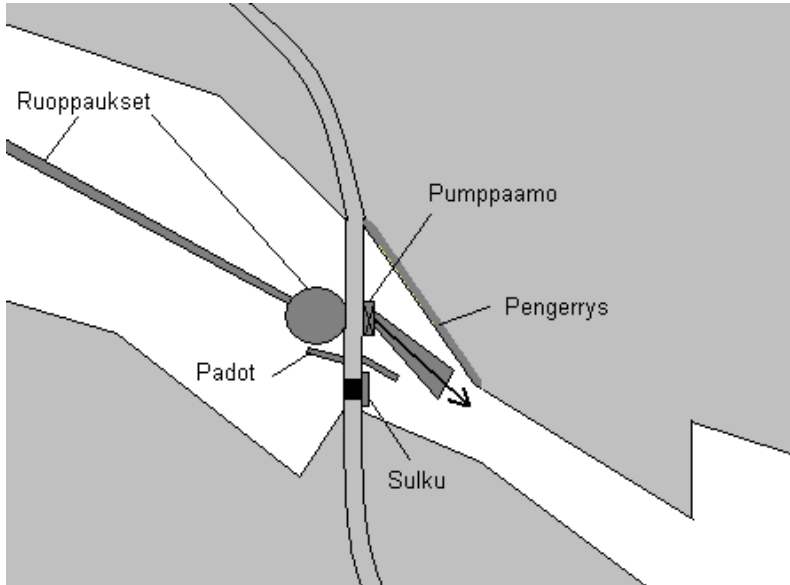
Jatkotarkasteluista poistettujen vaihtoehtojen esittely

Voisalmi

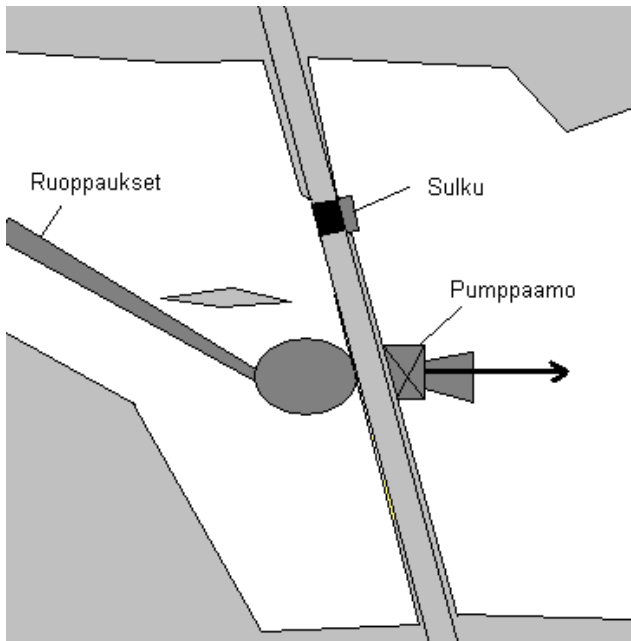
Pumppaamoselvityksen teko lähti liikkeelle ehdotuksesta, että Voisalmeen asennettavalla pumppaamalla kierrätettäisiin osa Vehkataipaleen virtaamasta läntisen Pien-Saimaan län-siosien kautta. Voisalmi on pohjoisessa ja idässä Voisalmensaareen ja etelässä ja lännessä Tyysterniemen väliin jäävä salmi. Voisalmi on kokonaisuudessaan noin kilometrin pitui-nen. Se levenee molempia suita kohden ja on kapeimmillaan keskiosassa. (Maanmittauslai-tos 2009.) Kapeimmissa kohdissa salmi on noin 20 metriä leveä. Itäisen suun kohdalla le-veyttä on noin 250 m ja läntisen suun kohdalla 200 metriä. Salmen yli kulkee kaksi siltaa. (Veneily CD 2006.) Itäisemmän sillan kohdalla olisi pumppaamon kannalta parempi sijoi-tuspaikka, sillä salmi on tässä kohtaa leveämpi. Silta-aukko on 10 metriä leveä ja alikulun korkeus 1,7 metriä. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009.) Pumppaamon sijainti läntisemmän sillan kohdalla vähentäisi ruoppaustarvetta, mutta siinä kohtaa salmi on kapeampi ja pumppaamon rakentaminen vaatisi laajempia maansiirtotöitä. Itäisen silta-aukon kohdalla kulkee pohjassa paineputki, joka asettaa rajoitteita pumppauksen järjestä-misessä.

Voisalmi on mutapohjainen, rehevöitynyt ja matala salmi, jossa vedensyvyys on paikoitel-len alle metrin. Mataluudesta johtuen salmessa jouduttaisiin toteuttamaan kohtalaisia ruop-pauksia. Voisalmessa joudutaan todennäköisesti joka tapauksessa toteuttamaan kunnostus-toimenpiteitä lähivuosina. Voisalmea käytetään yleisesti vesiliikennereittinä. Tästä syystä salmea ei saisi tukkia kokonaan, vaan pumppaamo vaatii sulkurakenteiden rakentamista. Voisalmen ranta-alueet ovat lähes kokonaan Lappeenrannan kaupungin omistamia. Voi-salmen sillan itäpuolella pohjoisrannalla ranta-alueet ovat yksityisomistuksessa. Rautatie-sillan itäpuolella pohjoisrannalla oleva niemi on niin ikään yksityisomistuksessa. (Veneily CD 2006.)

Pumppaamo toteutettaisiin Voisalmessa, siten, että silta-aukon kohdalle rakennettaisiin sulku pienveneille, estämään pumppaamon kannalta päinvastainen virtaus silta-aukossa. Pumppaamo rakennettaisiin kiinni pengertiehen. Pumppaamon ja sulkun väliin voidaan rakentaa pieni pato, jolla estetään virtausnopeuden liian voimakas kasvu sulkujen edustalla. Ruoppauksia suoritetaan etupäässä pumppaamon imupuolella. Painepuolella ruoppaukset ovat vähäisempiä ja keskittyvät salmen yleiseen kunnostamiseen. Pumppaamon rakenta-minen vaatii lisäksi virtausaukkojen laajentamista läntisemmässä sillassa, mikäli pump-pausmäärät ovat suuret.



Kuva 1. Voisalmi läntisempi silta



Kuva 2. Voisalmi itäisempi silta (Maanmittauslaitos 2009.)

Kivisalmi

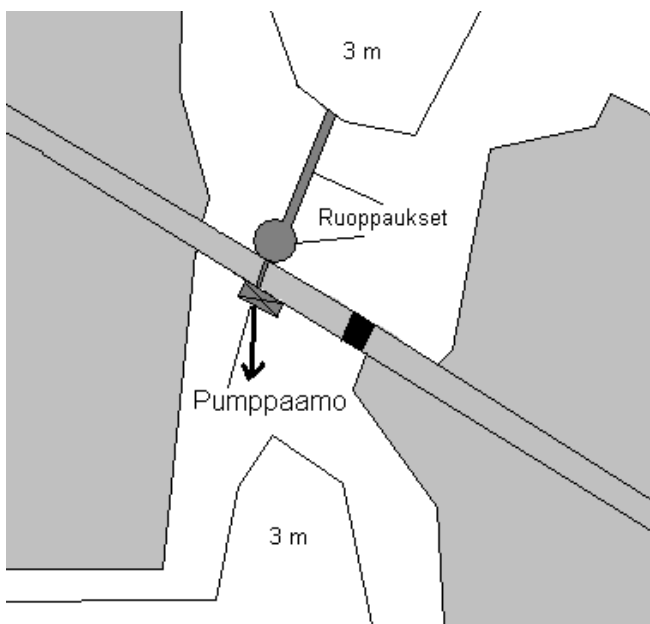
Kivisalmi on idässä Voisalmensaaren ja lännessä Kuivaketveleen väliin jäävä salmi, joka yhdistää Piiluvanselän Vehkataipaleenselkään ja Mikonsaarenselkään. Salmen pituus on noin 500 metriä ja se on leveydeltä noin 100 – 200 metriä, tosin salmen ylittävän sillan ja patotien kohdalla leveys on vain noin 80 metriä. (Maanmittauslaitos 2009.) Silta-aukon vapaa tila on ainoastaan 2.3 kertaa 4 metriä. (Holma 2009, yksityinen sähköpostiviesti 17.4.2009.) Salmen itäpuolella vedensyvyys on noin 3 metriä ja länsipuolella 6 metriä, mutta varsinainen salmi on erittäin matala ja saattaa jopa kuivua matalan veden aikaan. Kivisalmen ympäristössä pohja on mutapohjaa, mutta itse salmi on kivikkinen. (Veneily CD 2006.) Kivisalmen mataluudesta johtuen sitä ei käytetä yleisesti vesiliikennereittinä.

LIITE III 3(5)

Kivisalmissa on Lappeenrannan ja Taipalsaaren välisen patotien salmista heikoin virtaus. Kivisalmen pumppaamon ongelmana on virtauksen hankala ohjattavuus. Riskinä on, että vesi virtaa, joko Kivisalmen ja Kirjamoinсалmen tai Kivisalmen ja Voisalmen välillä, jolloin halutut vaikutukset rajoittuvat melko pienelle alueelle. Kirjamoinсалmen tai Voisalmen virtausaukkojen kaventaminen poistaisi veden poistoväylän.

Kivisalmen Lappeenrannan puoleiset osat ovat kutakuinkin kokonaan, siltaa lukuun ottamatta, Lappeenrannan kaupungin omistuksessa ja Taipalsaaren puoleiset osat ovat suurelta osin Taipalsaaren seurakunnan omistuksessa. (Pennanen 2009, yksityinen sähköpostiviesti 21.4.2009.)

Kivisalmen pumppaamo toteutettaisiin siten, että pumppaamo asetetaan pengertiehen sillan pohjoispuolelle ja pumppaamon imuputket asennetaan pengertien läpi. Silta-aukkoon ei todennäköisesti tarvita sulkua, sillä vesiliikenne Kivisalmissa on vähäistä sen mataluudesta johtuen. Tällöin silta-aukossa epäsuotuisa virtaussuunta voidaan estää kaventamalla virtausaukkoa. Ruoppauksia Kivisalmissa vaaditaan erityisesti imupuolella ja pumppaamon painepuolelle lähellä pumppaamoa, sillä salmi on erityisen matala pengertien kohdalla, mutta syvenee melko pian.



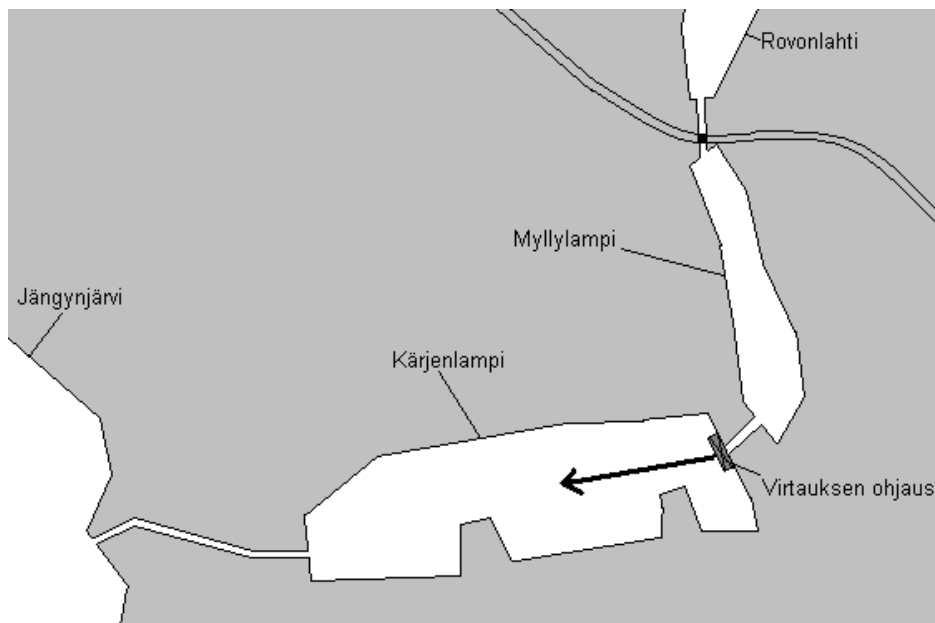
Kuva 3. Kivisalmi (Maanmittauslaitos 2009.)

Ruotola - Kivijärvi

Saimaa laski aikanaan Kivijärven ja Kymijoen kautta Suomenlahteen, ennen kuin uusi laskureitti syntyi Vuokseen. Vanhaa Kivijärven kautta kulkevaa lasku uomaa käytettiin 1960-luvulle asti tukinuitossa. Virtausta ylläpiti pumppaamo Myllylammen ja Kärjenlammen välissä, joka pumppasi vettä noin $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ pienen maakannaksen yli. Pumpaus lopetettiin 1960-luvulla. Myllylammen itäpuoliset rannat ovat Lappeenrannan kaupungin omistuksessa, mutta etelä- ja länsirannat ovat yksityisomistuksessa. Myös vanha pumppamorakennus kuuluu yksityisomisteiseen maa-alueeseen. Pumpkauksen vaikutuksista lähialueen vesiin ei ole olemassa mittauksia. (Laine, haastattelu 31.3.2009.)

Vanhan tukinuittolinjan kunnostamisen ja virtauksen toteuttaminen Kivijärven suuntaan voisi vaikuttaa positiivisesti Jokilahden ja sen lähialueiden vedenlaatuun. Tällöin voitaisiin pohtia myös Ruoholammen kunnostamista. Tässä ongelmaksi muodostuu kuitenkin se, että tällöin virtaus imisi levä- ja ravinnepitoista vettä yhä syvemmälle ja pienempiin vesistöihin. Tämä vaatisi lisäksi melko laajoja ruoppaus- ja maansiirtotöitä, koska linja ei ole tällä hetkellä yhtenäinen.

Tämän vaihtoehdon toteuttaminen voisi onnistua myös ilman varsinaisen pumppaamon rakentamista, sillä Kivijärvi on alempana kuin Saimaa. Kärjenlampi on noin 1,8 metriä korkeammalla kuin Myllylampi ja Jängynjärvi, joten avokanavan rakentaminen laskisi olennaisesti Kärjenlammen pintaa ja sen koko pieneneisi. (Maanmittauslaitos 2009.) Rakentamalla avokanavat järvien välille voitaisiin vettä johtaa painovoiman avulla Pien-Saimaalta kohti Kivijärveä. Tämä vaatisi kuitenkin, jonkinlaisen säännöstelypadon rakentamisen. Tarvittavat kanavat olisivat Rutolanlahden ja Myllylammen välisen noin 130 metriä pitkän kanavan suurentaminen, Myllylammen ja Kärjenlammen välisen 110 metriä pitkän kanavan suurentaminen sekä Kärjenlammen ja Jängynjärven välisen noin 720 metriä pitkän ”tukinuittorännin” muuntaminen avokanavaksi. Jängynjärveltä on suora yhteys Kivijärveen ja Kymijoen vesistöön.



Kuva 4. Rutola - Kivijärvi (Maanmittauslaitos 2009.)

Rakkolanjoki - Sunisenselkä

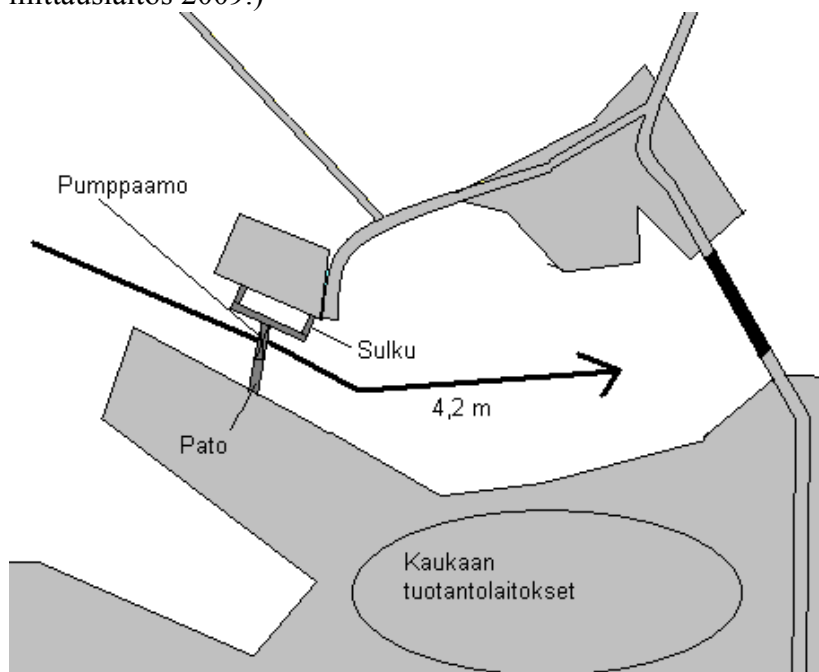
Eräs selvittävä erikoistapaus on veden pumppaaminen Lappeenrannan Vesi Oy:n Toikansuon jätevedenpuhdistamolle, josta se valuu putkistoja pitkin Rakkolanjokeen, Haapajärveen ja uudelleen Rakkolanjokeen. Tämän vaihtoehdon ensisijainen tavoite on Rakkolanjoen kunnostaminen. Lappeenrannan Vesi Oy:n vedenpuhdistamon jätevedet on laskettu jo vuosia Rakkolanjokeen, joka on pahasti rehevöitynyt. Haapajärvi on niin ikään erittäin rehevöitynyt ja siellä mitatut fosforipitoisuudet ovat luokkaa 250 µg/l, mikä kertoo todella voimakkaasta ravinnemäärästä. Tässä selvityksessä tutkitaan erityisesti Sunisenselän veden

Rakkolanjokeen johtamisen vaikutuksia Pien-Saimaalla. Alueet kuuluvat Lappeenrannan kaupungille.

Ajatuksena olisi pumpata $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vettä Sunisenselältä harjun päälle Lappeenrannan lentokentän tuntumaan. Harjun laki on noin 30 metriä korkeammalla, kuin Sunisenselän pinta. Harjun toisella puolella maanpinta laskee hitaasti yhteensä noin 20 metriä. Tällöin voitaisiin yrittää saada putkeen mahdollisimman suuri putouskorkeus ja ottaa osa pumppaamisen vaatimasta energiasta takaisin vesiturbiinille. Putouskorkeutta turbiinille saataisiin maansiirtotöiden avulla luotua ehkä maksimissaan 10 metriä. (Maanmittauslaitos 2009.) Parhaiten tilanteeseen sopiva turbiini olisi kaplanturbiini tai generaattoriin yhdistetty Archimedeen ruuvi. Archimedeen ruuvi on investointikustannuksiltaan edullisempi vaihtoehto, kun taas kaplanturbiinilla päästää parempiin hyötysuhteisiin. Joka tapauksessa maksimaalinen putouskorkeus on ehkä vain noin 10 metriä, joten pumppausenergiasta enintään noin neljännes olisi saatavissa takaisin.

Vehkataipaleen pumppaamon siirtäminen Pappilansalmeen

Pappilansalmeen rakennettava pato ja sulut estäisivät täysin Kaukaan jätevesien virtaamisen länteen. Vehkataipaleen pumppaamon lakkauttaminen ja uuden pumppaamon rakentaminen Pappilansalmeen voimistaisi virtaamaa Kaukaan edustalla. Tällöin voitaisiin jättää avokanava nykyiselle Vehkataipaleen pumppaamon paikalle, mitä kautta saataisiin edelleen imettyä vettä Suur-Saimaalta. Tämän lisäksi voitaisiin rakentaa toinen virtauskanava, joko Kutilaan tai Kolhonlahden ja Kolinlahden välille. Pappilansalmeissa kulkee 4,2 metrin laivaväylä ja syvyydet salmen ympäristössä ovat keskimäärin 5–6 metrin luokkaa. (Maanmittauslaitos 2009.)



Kuva 6. Pappilansalmen pumppaamo

Pumpun mitoituksessa käytettävien tunnuslukujen laskenta

Virtausnopeus rengaskanavassa eli pumpun nasellin ja rungon välisessä kanavassa voidaan laskea

$$w_{\text{rengaskanava}} = \frac{q_V}{A_{\text{runko}} - A_{\text{naselli}}} = \frac{q_V}{\pi \left(\left(\frac{D_{\text{runko}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{\text{naselli}}}{2} \right)^2 \right)} \quad (1)$$

, missä

D_{naselli} on pumpun nasellin halkaisija [m]

Roottorin kärkinopeussuhteen optimi on luokkaa 4...6. Seuraavassa on esitetty kärkinopeussuhteen laskenta.

$$\text{kärkinopeussuhde} = \frac{\frac{1}{2} \cdot D_{\text{runko}} \cdot n}{w_{\text{rengaskanava}}} \quad (2)$$

, missä

n on roottorin pyörimisnopeus [rad/s]

(Larjola 2009, puhelintiedonanto 10.6.2009)

Pumpputekniikassa käytetään niin sanottua ominaispyörimisnopeutta n_s luonnehtimaan pumpun pääominaisuuksia. Se määritellään annetun pumpun kanssa yhdenmuotoisen pumpun pyörimisnopeudeksi, jolla pumppu antaa tilavuusvirran 75 l/s ja nostokorkeuden 1 m. Nämä arvot merkitsevät yhden hevosvoiman tehoa, jos pumppu on häviötön ja sillä pumpataan vettä. Ominaispyörimisnopeuden yhtälö on

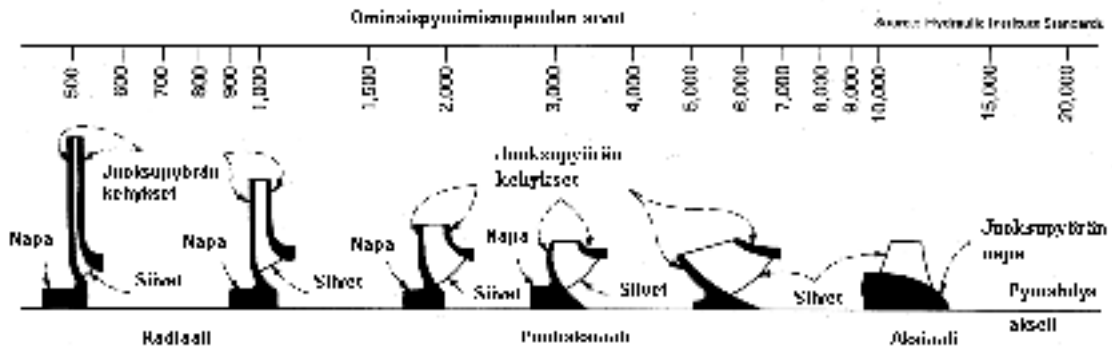
$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{(q_V)}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (3)$$

(Wirzenius 1977, 85–86.)

Ominaispyörimisnopeus riippuu siis tilavuusvirran ja nostokorkeuden suuruudesta ja taval- laan niiden suhteesta. Tästä syystä jokaista ominaispyörimisnopeutta vastaa tietty juoksu-

LIITE V 2(2)

pyörän muoto. Säteispyörät kuuluvat alueelle $n_s < 4$ 1/s, puoliakiaaliset pyörät ovat alueella $n_s = 4 \dots 10$ 1/s ja aksiaaliset pyörät ovat alueella $n_s > 10$ 1/s. (Wirzenius 1977, 87) Kuvassa 12. on esitetty ominaispyörimisnopeuden vaikutus juoksupyörän muotoon.



Kuva 1. Ominaispyörimisnopeuden vaikutus juoksupyörän muotoon. (Luukkanen 2001, 35.)

Jos ilmoitetaan pyörimisnopeus yksikössä [rad/s], voidaan laskea jättää yhtälöstä 12 kerroin 3,65 pois. Tällöin n_s optimi on noin 2,5. Kun se kasvaa arvoon 5, on hyötysuhde laskenut noin 3 % ja kun se kasvaa arvoon 8 on hyötysuhde laskenut 3 % lisää. (Larjola 2009, puhelintiedonanto 10.6.2009.)

Siivenkärjen Reynoldsin luvun tulee olla yli 300000. Siivenkärjen Reynoldsin luku voidaan laskea

$$Re_{\text{siivenkärki}} = \frac{\text{kärkinopeussuhde} \cdot c \cdot \rho \cdot w_{\text{rengaskanava}}}{\mu}, \quad (4)$$

Missä oletetaan, että $c = D_{\text{runko}}/10$

Esimerkki pumppaamon mitoituksesta Kirjamoinsalmessa

Esimerkkisijoitukset

Lähtötiedot

Taulukko 1. Laskennassa käytetyt lähtötiedot

Tilavuusvirta	q_v	[m ³ /s]	20
Nostokorkeus	H	[m]	0,1
Virtausputken pituus	l	[m]	30
Virtausputken halkaisija	D	[m]	4
Putken pinnan karheus (muovi)	ε	[mm]	0,5
Sisäänvirtaushäviökerroin	$K_{\text{sisään}}$	[-]	0,5
Ulosvirtaushäviökerroin	K_{ulos}	[-]	0,5
Nesteen tiheys	ρ	[kg/m ³]	1000
Nesteen viskositeetti	μ	[kg/sm]	0,001

Lasketaan virtausnopeus putkessa

$$w = \frac{q_v}{A} = \frac{20 \text{ m}^3 / \text{s}}{\pi \cdot \left(\frac{4 \text{ m}}{2}\right)^2} \approx 1,59 \text{ m} / \text{s}$$

Lasketaan Reynoldsin luku

$$\text{Re} = \frac{\rho w D}{\mu} = \frac{1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 1,59 \text{ m} / \text{s} \cdot 4 \text{ m}}{0,001 \text{ kg} / \text{ms}} \approx 6366203$$

Lasketaan putken suhteellinen karheus

$$\text{Putken suhteellinen karheus} = \frac{\varepsilon}{D_{\text{putki}}} = \frac{0,0005 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 0,00125$$

Iteroidaan karheuserroin f Colebrookin yhtälöstä.

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2,0 \log \left(\frac{\varepsilon / D}{3,4} + \frac{2,51}{\text{Re}_d f^{1/2}} \right)$$

Alkuarvaus

$$f = 0,01$$

Iterointi 1.

LIITE VI 2(4)

$$f = \left(\frac{-0,5}{\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,4} + \frac{2,51}{\text{Re}_f f^{1/2}}\right)} \right)^2 = \left(\frac{-0,5}{\log\left(\frac{0,0005m/4m}{3,4} + \frac{2,51}{6366203 \cdot 0,01}\right)} \right)^2 \approx 0,0208$$

Iterointi 2.

$$f = \left(\frac{-0,5}{\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,4} + \frac{2,51}{\text{Re}_f f^{1/2}}\right)} \right)^2 = \left(\frac{-0,5}{\log\left(\frac{0,0005m/4m}{3,4} + \frac{2,51}{6366203 \cdot 0,0208}\right)} \right)^2 \approx 0,0208$$

Lopullinen iterointi

$$f = \left(\frac{-0,5}{\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3,4} + \frac{2,51}{\text{Re}_f f^{1/2}}\right)} \right)^2 = \left(\frac{-0,5}{\log\left(\frac{0,0005m/4m}{3,4} + \frac{2,51}{6366203 \cdot 0,0208}\right)} \right)^2 \approx 0,0208$$

Lasketaan painehäviöt

Sisään- ja ulosvirtaushäviöt

$$\Delta p_{\text{loss, kertavastukset}} = \Sigma K \cdot \frac{1}{2} \rho w_{\text{putki}}^2 = (0,5 + 0,5) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{kg/m}^3 \cdot 1,59 \text{m/s} = 1267 \text{Pa}$$

Pintakitkahäviöt

$$\Delta p_{\text{loss, pintakitka}} = f \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \rho w_{\text{putki}}^2 = 0,0208 \cdot \frac{30m}{4m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{kg/m}^3 \cdot 1,59 \text{m/s} = 197 \text{Pa}$$

Nostokorkeudesta johtuva paine-ero

$$\Delta p_{\text{loss, nostokorkeus}} = \rho g H = 1000 \text{kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{m/s}^2 \cdot 0,10 \text{m} \approx 981 \text{Pa}$$

Kokonaispaine-ero

$$\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_{\text{lossa, kertavastukset}} + \Delta p_{\text{loss, pintakitka}} + \Delta p_{\text{loss, nostokorkeus}} = 1267 \text{Pa} + 197 \text{Pa} + 981 \text{Pa} = 2445 \text{Pa}$$

Valitaan moottorin nasellin ulkohalkaisijaksi $D_{\text{naselli}} = 1 \text{ m}$

LIITE VI 3(4)

Valitaan moottorin pyörimisnopeudeksi $25 \text{ rpm} = 0,42 \text{ 1/s} = 2,6 \text{ rad/s}$

Lasketaan virtausnopeus rengaskanavassa

$$w_{\text{rengaskanava}} = \frac{q_v}{A_{\text{runko}} - A_{\text{nacelli}}} = \frac{q_v}{\pi \left(\left(\frac{D_{\text{runko}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_{\text{nacelli}}}{2} \right)^2 \right)} = \frac{20 \text{ m}^3 / \text{s}}{\pi \left(\left(\frac{4 \text{ m}}{2} \right)^2 - \left(\frac{1 \text{ m}}{2} \right)^2 \right)} \approx 1,7 \text{ m/s}$$

Lasketaan roottorin kärkinopeussuhde

$$\text{kärkinopeussuhde} = \frac{\frac{1}{2} \cdot D_{\text{runko}} \cdot n}{w_{\text{rengaskanava}}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 4 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ rad/s}}{1,7 \text{ m/s}} = 3,1$$

Lasketaan ominaispyörimisnopeus

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{(q_v)}}{H^{\frac{3}{4}}} = 3,65 \cdot 2,6 \text{ rad/s} \cdot \frac{\sqrt{20 \text{ m}^3 / \text{s}}}{(0,1 \text{ m})^{3/4}} = 5,99$$

Lasketaan siivenkärjen Reynoldsin luku oletuksella $c = D/10$

Valitaan pumpun hyötysuhteeksi $\eta_{\text{pumppu}} = 0,80$ ja Moottorin hyötysuhteeksi $\eta_{\text{moottori}} = 0,90$

Lasketaan tarvittava sähköteho

$$P_{\text{sähkö}} = \frac{q_v \cdot \Delta p_{\text{tot}}}{\eta_{\text{pumppu}} \cdot \eta_{\text{moottori}}} = \frac{20 \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 2445 \text{ Pa}}{0,80 \cdot 0,90} \approx 67916 \text{ W}$$

Lasketaan moottorin vääntömomentti

$$M = \frac{P_{\text{sähkö}}}{n} = \frac{67916 \text{ W}}{2,6 \text{ rad/s}} = 25924 \text{ Nm}$$

Lasketaan vuotuinen sähkönkulutus, jos pumppu toimii ympärivuotisesti

$$\text{vuotuinen sähkönkulutus} = P_{\text{sähkö}} \cdot t = 67916 \text{ W} \cdot 8760 \text{ h} \approx 594944160 \text{ Wh} \approx 595 \text{ MWh}$$

LIITE VI 4(4)

Lasketaan pumpun vuotuiset sähkökustannukset sähköhinnalla 100 €/MWh

$$\text{sähkökustannukset} = 595 \text{ MWh} / a \cdot 100 \text{ €} / \text{MWh} = 59500 \text{ €} / a$$

LIITE VII 1(1)

Pumpun mitoitus 10 m³/s virtaamalla eri sijoituspaikoissa

Taulukko 2. Pumpun mitoitus ja laskenta 10 m³/s virtaamalla.

	Suure	Yksikkö	Voisalmi	Kivisalmi	Kirjamosalmi	Käkelintalpaale	Kopinsalmi	Levänsalmi	Kolhonlahti
Tilavuusvirta	q_v	[m ³ /s]	10	10	10	10	10	10	10
Nostokorkeus kanavassa	H_{pumpou}	[m]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Virtausputken pituus	l_{putki}	[m]	10	25	30	110	12	20	150
Virtausputken halkaisija	D_{putki}	[m]	4	4	4	4	4	4	4
Pinnan karheus	ε	[mm]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sisäänvirtaushäviökerroin	$K_{\text{sisään}}$		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ulosvirtaushäviökerroin	K_{ulos}		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Alkuarvo f	f_{alku}		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pinnan karheus	ε	[m]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Viskositeetti*1000	μ		1	1	1	1	1	1	1
Viskositeetti	μ		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Tiheys	ρ	[kg/m ³]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tilavuusvirta	q_v	[l/min]	600000	600000	600000	600000	600000	600000	600000
Iterointi 1	f_1		0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209	0,0209
Iterointi 2	f_2		0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208
Lopullinen iterointi	f		0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208	0,0208
Reynoldsin luku	Re		3183102	3183102	3183102	3183102	3183102	3183102	3183102
Suhteellinen karheus k/d			0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125
Virtausnopeus v	w	[m/s]	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Sisään- ja ulosvirtaushäviö	$\Delta p_{\text{sisään/ulos}}$	[Pa]	317	317	317	317	317	317	317
Pintakitkahäviö	$\Delta p_{\text{pintakitta}}$	[Pa]	16	41	49	181	20	33	247
Nostokorkeus paine-ero	$\Delta p_{\text{nostokorkeus}}$	[Pa]	981	981	981	981	981	981	981
Kokonaispainehäviö	Δp_{tot}	[Pa]	1314	1339	1347	1479	1317	1331	1545
Moottori nacellin ulkohalkaisija	D_{nacelli}	[m]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Pyörimisnopeus	n	[rpm]	20	20	20	20	20	20	20
		[1/s]	0	0	0	0	0	0	0
		[rad/s]	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Virtausnopeus rengaskanavassa	$w_{\text{rengaskanava}}$	[m/s]	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Roottorin kärkinopeussuhde*			5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Ominaispyörimisnopeus**	N_s		5,40	5,32	5,30	4,94	5,39	5,35	4,78
Siiven kärjen Re***, arvio oletuksella, e: c=D/10	$Re_{\text{siivenkärki}}$		1675515	1675515	1675515	1675515	1675515	1675515	1675515
Pumpun hyötysuhde	η_{pumpou}		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Moottorin hyötysuhde	η_{moottori}		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Sähkötehontarve	P	[W]	18252	18595	18710	20542	18297	18481	21458
Moottorin momentti	M	[Nm]	8715	8879	8933	9808	8736	8824	10245
Vuosikustannus, jos sähkön hinta 100 €/MWh		[€]	15988	16289	16390	17995	16029	16189	18797
Sähkönkulutus		[MWh]	160	163	164	180	160	162	188

* Roottorin kärkinopeussuhteen optimi on luokkaa 4...6

**Ns optimi on noin 2,5, kun Ns on kasvanut arvoon 5, on hyötysuhde laskenut noin 3%, ja kun arvoon 8, se on laskenut lisää 3%

*** Siiven kärjen Re tulee olla yli 300

000

Esimerkki avokanavan mitoituksesta Kolhonlahti – Kolinlahti vaihtoehdossa.

Lasketaan avokanavan poikkipinta-ala

$$A_{\text{kanava}} = D_{\text{pohja}} \cdot x + 2 \cdot \frac{x \cdot 1,5x}{2} = 1,8m \cdot 2,5m + 2 \cdot \frac{2,5m \cdot 1,5 \cdot 2,5m}{2} \approx 13,9m^2$$

Lasketaan kanavan leikkauksen ”märkä” piiri U_{wet} [m]

$$U_{\text{wet}} = D_{\text{pohja}} + 2 \cdot \sqrt{(x^2 + (1,5x)^2)} = 1,8m + 2 \cdot \sqrt{(2,5m)^2 + (1,5m)^2} \approx 6,3m$$

Seuraavaksi lasketaan kanavan hydraulinen säde R_h [m]

$$R_h = \frac{A}{P_{\text{wet}}} = \frac{13,9m^2}{6,3m} \approx 2,2m$$

Kanavan kaltevuus

$$S_0 = \tan \alpha = \frac{H}{l_{\text{kanava}}} = \frac{0,10m}{800m} \approx 0,000125$$

Kaltevuuskulma

$$\alpha \approx 0,007^\circ$$

Lasketaan virtausnopeus kanavassa, kun kanavan materiaalina on sora ja $n = 0,025$

$$w_{\text{kanava}} = \frac{1,0}{n} \cdot (R_h)^{2/3} \cdot S_0^{1/2} = \frac{1,0}{0,025} \cdot (2,2m)^{2/3} \cdot 0,000125^{1/2} \approx 0,76m/s$$

Lasketaan virtaus kanavassa

$$q_V = w_{\text{kanava}} \cdot A_{\text{kanava}} = 0,76m/s \cdot 13,9m^2$$

LIITE IX 1(2)

Ruoppausmenetelmien vertailu eri sijoituspaikoissa erikokoisilla putkilla.

Taulukoissa on esitetty kunkin ruoppausta vaativan sijoituspaikan ruoppausmäärien laskenta käyttäen kanavaruoppausta ja ympyräruoppausta. Taulukossa on esitetty laskennassa käytetyt lukuarvot ja tulokset. Kanava 1., kanava 2. ja kanava 3. tarkoittavat ruoppauslaskennassa kanavan osia, joihin pohjan profiili on laskentaa varten jaettu.

Taulukko 3. Ruoppausmäärät erikokoisilla putkilla Käkeläntaipaleella

Käkeläntaipale		4000 mm		3000 mm	
		Yhdistelmä	Kanava	Yhdistelmä	Kanava
Ympyräruoppaus					
Ympyrän halkaisija	[m]	50	-	40	0
Keskiruoppausvyvyys	[m]	4	-	3	0
Ympyräruoppausmassat	[m ³]	7854	-	3770	0
Kanava ruoppaus					
Kanavan pituus	[m]	60	-	70	310
Keskiruoppausvyvyys	[m]	1,2	-	0,5	1,4
kanavan pohjan leveys	[m]	20	-	10	10
Kanavaruoppausmassat	[m ³]	1553	-	381	4860
Kokonaisruoppausmassat	[m ³]	9407	-	4151	4860
Kustannukset [8 €/m³]	[€]	75253	-	33204	38880

Taulukko 4. Ruoppausmäärät erikokoisilla putkilla Leväsensalmessa

Leväsensalmi		4000 mm		3000 mm	
		Yhdistelmä	Kanava	Yhdistelmä	Kanava
Ympyräruoppaus					
Ympyrän halkaisija	[m]	50	-	40	0
Keskiruoppausvyvyys	[m]	4	-	3	0
Ympyräruoppausmassat	[m ³]	7854	-	3770	0
Kanava 1.					
Kanavan pituus	[m]	460	-	130	560
Keskiruoppausvyvyys	[m]	1,0	-	1	1,3
kanavan pohjan leveys	[m]	20	-	10	10
Kanavaruoppausmassat	[m ³]	9752	-	1387	16213
Kokonaisruoppausmassat	[m ³]	17606	-	5157	16213
Kustannukset [8 €/m³]	[€]	140849	-	41253	129701

LIITE IX 2(2)

Taulukko 5. Ruoppausmäärät erikokoisilla putkilla Kolhonlahdella

Kolhonlahti		4000 mm		3000 mm	
		Yhdistelmä	Kanava	Yhdistelmä	Kanava
Ympyräruoppaus					
Ympyrän halkaisija	[m]	50	-	40	0
Keskiruoppausvyvyys	[m]	4	-	3	0
Ympyräruoppausmassat	[m3]	7854	-	3770	0
Kanava 1.					
Kanavan pituus	[m]	350	-	130	550
Keskiruoppausvyvyys	[m]	0,4	-	0,5	1,2
kanavan pohjan leveys	[m]	20	-	10	10
Kanavaruoppausmassat	[m3]	2710	-	672	7067
Kokonaisuoppausmassat	[m3]	10564	-	4442	7067
Kustannukset [8 €/m3]	[€]	84515	-	35533	56535

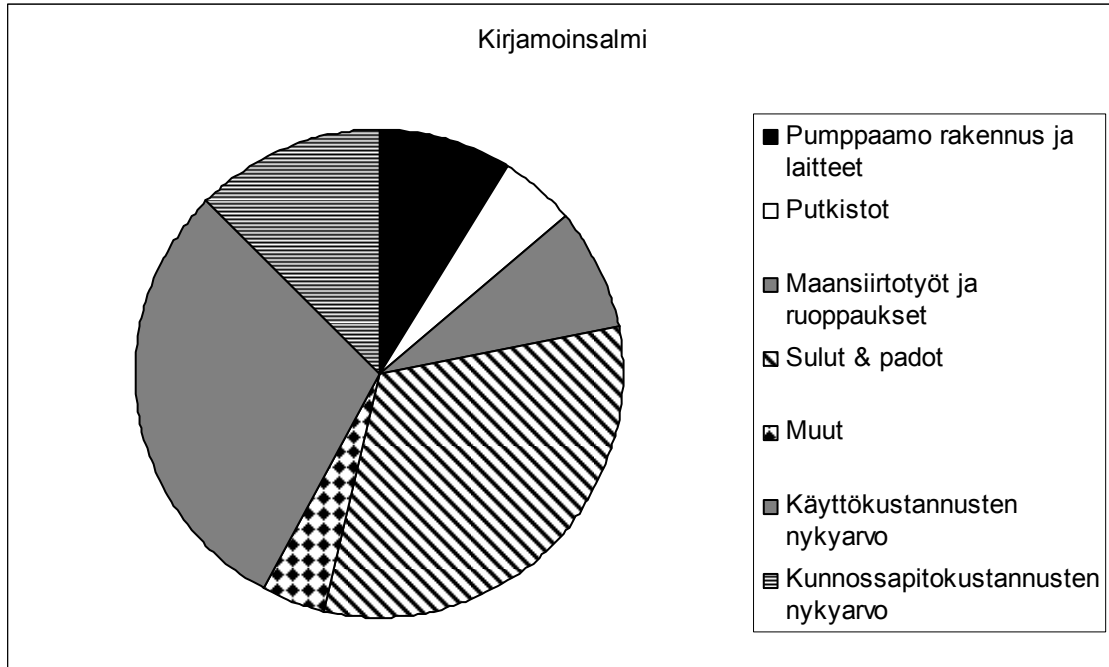
Ruoppausmäärien, investointikustannusten ja energiasäästöjen vertailu

Taulukko 6. Ruoppausmäärien, putken investointikustannusten ja energiasäästöjen vertailu

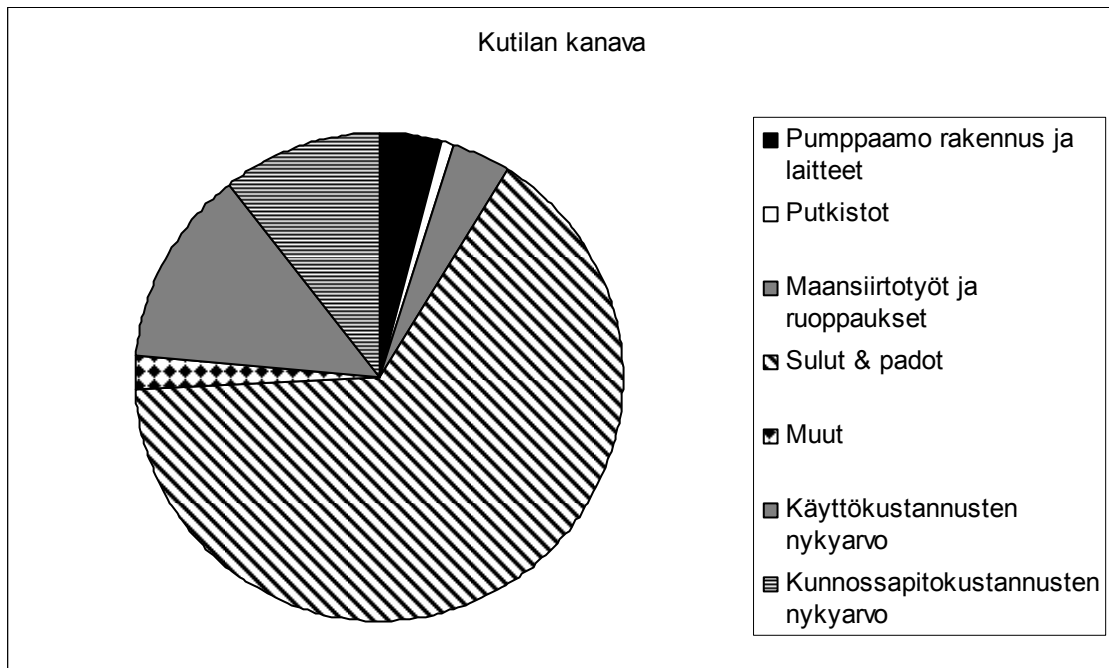
	Putki [mm]	Voisalmi	Kivisalmi	Käkeläntaipale	Leväsensalmi	Kolhonlahi
Ruoppauskustannusten ja putken investointikustannusten kasvu						
siirryttäessä suurempaan putkikokoon [€]	2000-3000	38466	50105	133838	51692	175830
	3000-4000	101722	91233	217278	131868	287926
Energiakustannussäästöt eri virtaamilla						
siirryttäessä suurempaan putkikokoon [€]						
5 m ³ /s	2000-3000	75137	98382	230105	90634	369576
10 m ³ /s	3000-4000	120020	134125	214051	129423	298678
15 m ³ /s	3000-4000	379734	424335	677077	409468	796015
20 m ³ /s	3000-4000	900089	1005780	1604695	970550	1886537
Lisäsäästöjen ja kulujen erotus						
5 m ³ /s	2000-3000	36671	48277	96267	38942	193746
10 m ³ /s	3000-4000	18298	42892	-3227	-2445	10752
15 m ³ /s	3000-4000	278012	333102	459799	277600	508089
20 m ³ /s	3000-4000	798367	914547	1387417	838682	1598611

Havaitaan, että kaikissa lähes kaikissa tapauksissa on kokonaistaloudellisesti kannattavampaa käyttää halkaisijaltaan suurempaa putkea ja investoida suurempiin ruoppauksiin, kuin käyttää pienempää putkea ja pienempiä ruoppauksia. Lyhyillä putkimatkoilla 10 m³/s virtaamilla ero on melko pieni ja Käkeläntaipaleen sekä Leväsensalmen kohdalla näyttäisi olevan kannattavampaa käyttää 3000 mm putkea 4000 mm putken sijaan 10 m³/s virtaamalla. Ero on kuitenkin erittäin pieni.

**Kustannusten jakautuminen eri kustannustekijöihin esimerkkita-
pauksissa**

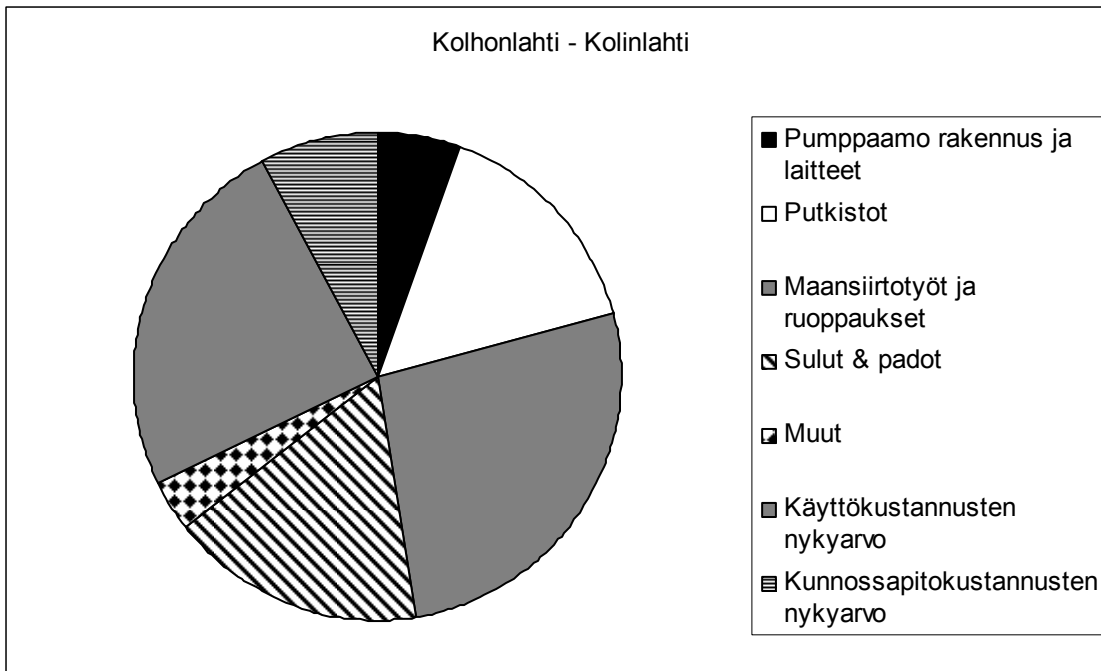


Kuva 2. Kustannusten jakautuminen Kirjamoinsalmen -vaihtoehdossa 20 m³/s virtaamalla.

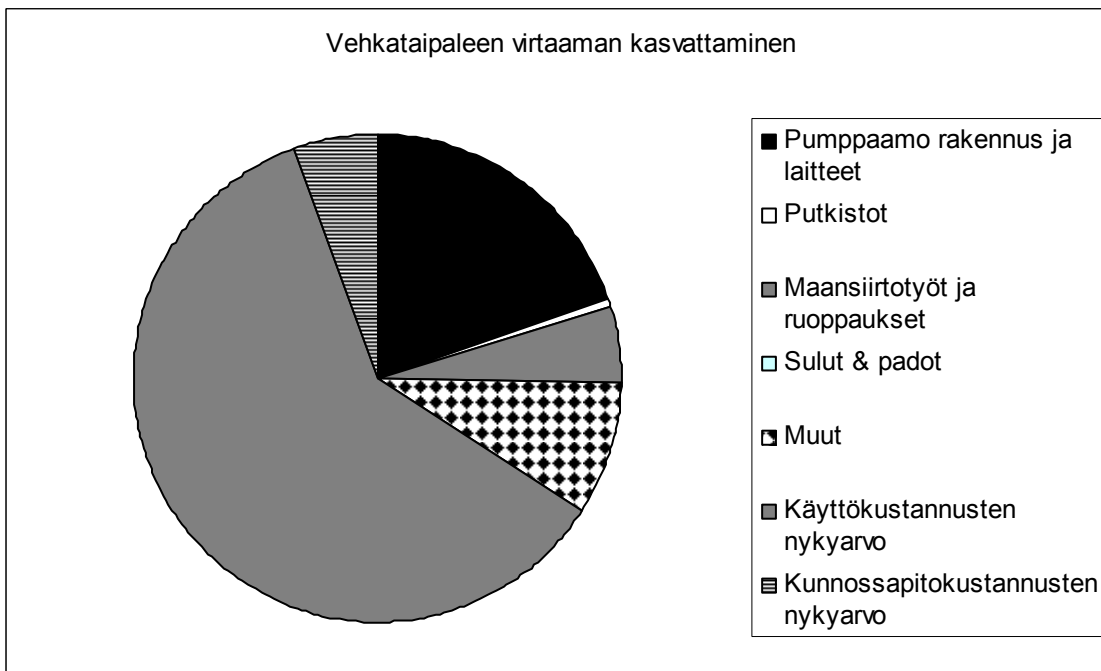


Kuva 3. Kutilan kanavan yhteydessä Kopinsalmen pumppaamo

LIITE XI 2(2)



Kuva 4. Kustannusten jakautuminen Kolhonlahti - Kolinlahti -vaihtoehdossa 20 m³/s virtaamalla.



Kuva 5. Kustannusten jakautuminen Vehkatakiaipaleen virtaaman kasvattamisvaihtoehdossa 20 m³/s virtaamalla.

LIITE XII 1(1)

Vedenlaadun arviointivaiheessa poistettujen vaihtoehtojen riskiluokitukset

Riskit	Voisalmi	Kivisalmi	Rutola - Kivijärvi	Sunisenselkä - Rakkolajoki	Pappilansalmi
Ravinteikkaan veden tilapäinen kulkeutuminen muihin vesistönsiin	kohtalainen	kohtalainen	merkittävä	kohtalainen	kohtalainen
Virtauksen heikkeneminen Pappilansalmessa	vähäinen	vähäinen	merkittävä	vähäinen	vähäinen
Sunisenselän vedenottamoon kohdistuvat riskit	kohtalainen	kohtalainen	merkittävä	merkittävä	kohtalainen
Vesivoimatehon menetykset Vuoksen voimalaitoksilla	vähäinen	vähäinen	merkittävä	merkittävä	vähäinen
Valtaväylien tukkeutuminen ja vesiliikenteen hidastuminen	kohtalainen	kohtalainen	vähäinen	vähäinen	kohtalainen
Heikentyneen jääpeitteen aiheuttama ihmisiin kohdistuva riski	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen
Vaikutus kala- ja rapukantoihin	vähäinen	vähäinen	kohtalainen	vähäinen	vähäinen
Vaikutus lintuihin, uhanalaisiin eläimiin ja kasveihin	kohtalainen	kohtalainen	merkittävä	kohtalainen	kohtalainen
Vesistön luontaisten kiertojen häiriintyminen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen
Pien-Saimaan ja sen lähialueiden suojelualueisiin kohdistuvat riskit	kohtalainen	kohtalainen	merkittävä	kohtalainen	kohtalainen
Vaikutus muinaisjäänöksiin	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	vähäinen
Pumppaamon rakenteiden vaikutus maisemaan	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen
Rakennustoimenpiteiden aiheuttamat haitat	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen
Ruoppauksista johtuvat tilapäiset samentumishaitat	merkittävä	merkittävä	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen
Pumppaamosta aiheutuvat meluhaitat	vähäinen	kohtalainen	vähäinen	vähäinen	vähäinen
Ihmisten virkistystoimintaan kohdistuvat riskit	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen
Viihtyvyyshaitat pumppaamon lähialueilla	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen	kohtalainen

